



---

# **BACHELORARBEIT**

---

Herr/Frau  
**Roman Just**

**Einsatz und Entwicklung der visuellen  
Effekte in Spielfilmen und deren  
Einfluss auf die Filmbranche in den  
letzten Jahren, verdeutlicht am Beispiel  
des US-amerikanischen Films  
*Interstellar***

---

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Einsatz und Entwicklung der visuellen Effekte in Spielfilmen und deren Einfluss auf die Filmbranche in den letzten Jahren, verdeutlicht am Beispiel des US-amerikanischen Films *Interstellar***

Autor/in:  
**Herr/Frau Roman Just**

Studiengang:  
**Angewandte Medien**

Seminargruppe:  
**AM13wM3-B**

Erstprüfer:  
**Prof. Dr. Detlef Gwosc**

Zweitprüfer:  
**Martin Bauer**

Einreichung:  
Kempten, 07.06.2016

---

# **BACHELOR THESIS**

---

## **Commitment and development of visual effects in feature films and their influence on the film industry in the last few years, illustrated on the example of the US-fil *Interstellar***

author:  
**Herr/Frau Roman Just**

course of studies:  
**Applied Media**

seminar group:  
**AM13wM3-B**

first examiner:  
**Prof. Dr. Detlef Gwosc**

second examiner:  
**Martin Bauer**

submission:  
Kempten, 07.06.2016

## **Bibliografische Angaben**

Just, Roman:

Einsatz und Entwicklung der visuellen Effekte in Spielfilmen und deren Einfluss auf die Filmbranche in den letzten Jahren, verdeutlicht am Beispiel des US-amerikanischen Films *Interstellar*

Commitment and development of visual effects in feature films and their influence on the film industry in the last few years, illustrated on the example of the US-film *Interstellar*

67 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,  
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2016

## **Abstract**

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Entstehung und Entwicklung der *Visual Effects* in Spielfilmen. Es wird auf oft eingesetzte Techniken und Verfahren der visuellen Effekte eingegangen, wobei diese erläutert und erklärt werden. Dies wird am Filmbeispiel *Interstellar* aus dem Jahr 2015 von *Christopher Nolan* verdeutlicht. Zum Schluss soll die Frage geklärt werden, welchen Einfluss die visuellen Effekte auf die heutige Filmbranche haben.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>7</b>
<b>2. Begriffsklärung SFX und VFX</b>	<b>9</b>
<b>3. Entstehung der Visual Effects</b>	<b>12</b>
<b>4. Entwicklung der Visual Effects in den letzten Jahren</b>	<b>16</b>
4.1 Zunehmende Rolle der Visual Effects	16
4.2. Rasante Entwicklung der Technik	17
4.3. Entwicklung der Visual Effects in Deutschland und USA	18
4.4. VFX in neuen Gebieten	20
<b>5. Anwendung der Visual Effects in Spielfilmen</b>	<b>21</b>
5.1. Gründe für den Einsatz von VFX	21
5.2. Häufig verwendete Visual Effects in Spielfilmen	23
5.2.1. <i>Bluescreen, Greenscreen</i>	24
5.2.2. <i>Rotoscoping</i>	25
5.2.3. <i>CGI</i>	27
5.2.4. <i>Motion Capturing</i>	28
5.2.5. <i>Matchmoving</i>	29
5.2.6. <i>Stereoscoping</i>	30
<b>6. Visual Effects im US-Film Interstellar</b>	<b>33</b>
6.1. Handlung	33
6.2. Wissenschaft in Interstellar	38
6.3. Zusammenfluss von Visual Effects und Wissenschaft	41
6.4. Vorgang der Umsetzung der Visual Effects	42
6.4.1. <i>Das Wurmloch</i>	43
6.4.2. <i>Das Schwarze Loch Gargantua</i>	44
6.4.3. <i>Der Tesseract</i>	46
6.4.4. <i>Die Raumschiffe</i>	47
6.5. Verwendete Visual Effects in Interstellar	48
6.5.1. <i>Einsatz von Modellbau</i>	50
6.5.2. <i>Einsatz Motion Control</i>	51
6.5.3. <i>Einsatz CGI</i>	52
6.5.4. <i>Einsatz von Matte Painting</i>	54
<b>7. Einfluss der Visual Effects auf die Filmbranche</b>	<b>57</b>
<b>8. Schlussgedanke</b>	<b>60</b>

<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>61</b>
<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>62</b>
Internetquellen.....	62
Mediale Quellen.....	63
Bildquellen .....	63
<b>Anlagen .....</b>	<b>64</b>
Bilder .....	64
<b>Eigenständigkeitserklärung .....</b>	<b>67</b>

## 1. Einleitung

Ins Kino gehen, eine DVD bzw. eine Blu-Ray einlegen oder einfach mal einen Film im Fernsehen anschauen gehört zu den beliebtesten Entspannungs- und Unterhaltungsmöglichkeiten der Gesellschaft. Je nach Geschmack, Lust und Laune können wir heute eine Vielzahl von Filmen verschiedener Genres auswählen und uns geistig in die Welt der bewegten Bilder hineinversetzen. Während wir das Genre wählen, bestimmen wir im Voraus, was wir sehen wollen. Wenn es etwas Lockeres, Entspanntes und Lustiges sein soll, wählt man beispielsweise eine Komödie. Wenn wir uns aber über etwas informieren wollen, sind Dokumentarfilme die beste Wahl. Doch gelegentlich will man der Realität entfliehen und wählt deshalb einen Science-Fiction-Film, der uns in fantastische Welten mitnimmt, die wir noch nie gesehen haben. Jedoch gibt es auch Filme, die viele Genres miteinander vereinen und in einer Handlung darstellen.

In beinahe allen Darstellungsformen, kommen heutzutage die sogenannten *Visual Effects* zum Einsatz, die für die bestmögliche Präsentation der Filmhandlung unabdinglich zu sein scheinen. Mit ihren mittlerweile grenzenlosen Möglichkeiten helfen diese den Regisseuren, fantastische Welten, Kreaturen und verschiedene Phänomene im Film realitätsnah darzustellen.

Die Kombination aus realen Aufnahmen und in der Postproduktion kreierten *Visual Effects* ist in der modernen Filmindustrie so weit vorangeschritten, dass der Unterschied zwischen Realität und Computer kaum oder gar nicht mehr erkennbar ist. Aus diesem Grund werden diese nicht nur in Science-Fiction-Filmen eingesetzt, um übernatürliche und übermenschliche Phänomene darzustellen. Heutzutage profitieren auch Komödien, Dramen und viele weitere Genres von dem effektvollen Werkzeug. So können neben fiktionalen Welten, abstrakten Kreaturen und anderen Phänomenen aus der Fantasie beispielsweise reale Berge, Städte, Landschaften, Menschen und Tiere in einen Film eingebaut werden.

Durch die rasant steigende Bedeutung der *Visual Effects* und deren häufige Verwendung in Filmproduktionen stellt sich die Frage, ob und inwiefern sie die

Filmbranche beeinflussen und ob man theoretisch auf den Einsatz von *Visual Effects* in modernen Filmproduktionen verzichten könnte.

In dieser Arbeit wird auf die Entstehung der *Visual Effects* und deren Entwicklung in den letzten Jahren eingegangen. Zudem werden oft eingesetzte Techniken und Verfahren erläutert, die ihre Anwendung vor allem in der Produktion von Spielfilmen finden. Dies wird am Filmbeispiel *Interstellar* aus dem Jahr 2015 von *Christopher Nolan* verdeutlicht. Zum Schluss soll die Frage geklärt werden, welchen Einfluss *Visual Effects* in letzter Zeit auf die gesamte Filmbranche haben und welchen Stellenwert diese erreicht haben.



## 2. Begriffsklärung SFX und VFX

Bevor man sich genauer mit den *Visual Effects* beschäftigt, sollten zunächst die Begriffe *SFX* und *VFX* erläutert werden.

Es ist wichtig, den Unterschied zwischen den praktischen Effekten (*SFX*) und den visuellen Effekten (*VFX*) zu verdeutlichen, „denn die Special-Effects-Abteilung ist eine ganz andere als unsere, mit einem völlig anderen Budgettopf.“<sup>1</sup> (Paul Franklin, VFX-Supervisor von Double Negative)

Zu dem Begriff *Special Effects*, auch *SFX* genannt, werden viele Verfahren zusammengefügt, „[...]die von bühnentechnischen, mechanischen Effekten inklusive Pyrotechnik über optische Verfahren in der Kamera bis hin zu Techniken der Postproduktion reichen.“<sup>2</sup> Im Grunde wird mit den *Special Effects* alles impliziert, was am Set nicht auf natürliche Art und Weise vorhanden ist<sup>3</sup>. Somit wird klar, dass der Begriff sehr umfangreich ist und seine Grenzen nicht eindeutig festgelegt werden können. Deshalb gibt es keine eindeutige Definition des Begriffs. Selbst das *Lexikon der Special Effects (2001)* von Rolf Giesen enthält keine eindeutige Definition. Das Thema umschreibt Giesen in seinem Buch folgendermaßen:<sup>4</sup> „[Unter *Special Effects* versteht man] alle Techniken und Prozesse, die bei der Herstellung dessen zum Einsatz kommen, was landläufig als Filmtrick bezeichnet wird und letztlich zur Übertragung von künstlerischer Phantasie auf die materielle Ebene des Films beiträgt. Filmtrick subsumiert alle Verfahren, die einen realen Bildinhalt mit künstlichen Mitteln erweitern: alle visuellen und fotografischen sowie die mechanischen und pyrotechnischen Effekte, seien sie nun <sichtbar> oder <unsichtbar>.“<sup>5</sup>

Die Verfahren der *Special Effects* werden in verschiedene Bereiche unterteilt. Vor der Kamera werden beispielsweise *Physical Effects*, unter anderem bestehend aus *pyrotechnischen Effekten*, wie Explosionen und Feuer sowie *Wettereffekten* wie Nebel, Regen und Schnee oder *mechanischen Effekten* wie spezielle Fahrzeuge oder präparierte Bühnenteile<sup>6</sup> verwendet. *Modellbau* und

<sup>1</sup> Vgl. Digital Production, Zeit sichtbar machen, September 2015, 6. Auflage, S. 68.

<sup>2</sup> Siehe Visual Effects-Filmbilder aus dem Computer, Barbara Flückiger, Schüren Verlag 2008, S.22.

<sup>3</sup> Vgl. ebd.

<sup>4</sup> Vgl. ebd.

<sup>5</sup> Siehe ebd., S. 22.

<sup>6</sup> Vgl. Visual Effects-Filmbilder aus dem Computer, Barbara Flückiger, Schüren Verlag 2008, S.23.

„*Matte Paintings*, also gemalte, ins Filmbild einkopierte Hintergrundbilder und Rücksetzer, [...] die im Studio aufgestellt werden [...]“<sup>7</sup>, werden ebenfalls zu den Verfahren, die vor der Kamera zur Anwendung kommen, hinzugezählt.

In der Kamera selbst treten *Special Effects* unter anderem in Form von *Stopp-Tricks*, *Mehrfachbelichtungen*, *Über- und Unterbelichtungen* sowie *Zeitmanipulationen* auf.<sup>8</sup>

In der Postproduktion kommen *analoge optische Verfahren* zum Einsatz. Hierzu zählt beispielsweise die Kombination mehrerer unabhängig voneinander aufgenommener Bilder auf der optischen Bank<sup>9</sup>. „[D]igitale Verfahren [der Bilderzeugung und] der Bildbearbeitung wie *Compositing*, [unter der] die Verknüpfung von mehreren Bildteilen zu einem Ganzen [verstanden wird, als auch das] *Image Processing*, [die] die Veränderung von Bildern mittels Filtern oder komplexeren Programmen[...]“<sup>10</sup> bezeichnet, gehören ebenfalls zu den Verfahren, die in der Postproduktion angewendet werden. Diese werden im engeren Sinne mit dem Begriff *Visual Effects*, kurz *VFX*, umfasst. Dieser Begriff schließt auch Verfahren, wie „[...] Wandermasken, Motion-Control-Aufnahmen und digitale *Matte Paintings*, ein.“<sup>11</sup>

Obwohl es zwei verschiedene Abteilungen mit unterschiedlichen Budgettöpfen bei einer Produktion involviert sind, können die Begriffe *SFX* und *VFX* nur fließend voneinander abgegrenzt werden. „[...] *Special effects* go hand in hand with visual effects in current methodology, such that it is often difficult to determine what was a special effect and what was a visual effect.“<sup>12</sup>

Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass *Special Effects* direkt meist am Set eingesetzt werden, wie beispielsweise die oben genannten *Physical Effects*, und *Visual Effects* hingegen erst in der Postproduktion ihre Anwendung finden.

Meistens kommt das eine Department ohne das andere nicht aus. Die am Set eingesetzten *Special Effects* werden in der Postproduktion überarbeitet und

---

<sup>7</sup> Siehe ebd.

<sup>8</sup> Vgl. ebd., S.24.

<sup>9</sup> Vgl. ebd., S.23.

<sup>10</sup> Siehe ebd., S.24.

<sup>11</sup> Siehe ebd., S.25.

<sup>12</sup> Siehe *The VES Handbook of Visual Effects*, Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman, Focal Press 2010, S.2.

perfektioniert, damit diese im Gesamtkonzept des Films glaubwürdig erscheinen. Gleichmaßen verfährt man auch mit den *Visual Effects*. Ohne die notwendige Planung und Umsetzung vor als auch während des Drehs können die gewünschten Effekte in der Postproduktion nicht kreiert werden.

Eine Ausnahme zeigt in dieser Spähre der erfolgreiche Film *Avatar - Aufbruch nach Pandora*, von *James Cameron* aus dem Jahr 2009, bei dem direkt am Set mit *VFX* gearbeitet wurde. Da die virtuelle Welt *Pandora* beim Dreh zum großen Teil fertiggestellt worden war, konnte der Regisseur über seinen Monitor das Schauspiel vor der Kamera bereits in der virtuellen Welt verfolgen. Dies ermöglichte ein spezielles *360° Motion Capturing* mit der *Swing Kamera*.<sup>13</sup> Allerdings bedarf diese Technologie einer aufwändigen Vorbereitung für die *Previsions* und der Ausführung durch die zuständigen *VFX-Artists*. Unter *Prevision* versteht man die Planung und Ausarbeitung von Szenen vor dem Beginn der Dreharbeiten. Diese ist wichtig, um an den richtigen Positionen die gewünschten Effekte einzuarbeiten.<sup>14</sup>

Unter *Motion Capturing* versteht man die Bewegungserfassung der Schauspieler durch eine spezielle Kamera, damit diese auf virtuelle Figuren übertragen werden kann. Dieses Verfahren wird später noch genauer erläutert.

---

<sup>13</sup> Vgl. Nutzung von Visual Effects in US-Filmen in den Jahren 2010 und 2011 verdeutlicht anhand des Beispiels *Black Swan*, Kai Heinrich, 2012, S.10.

<sup>14</sup> Vgl. ebd.

### 3. Entstehung der *Visual Effects*

Als Vorreiter der *VFX* gelten die *Special Effects*. Diese haben ihren Ursprung im Theater. Populäre Formen des *Vaudeville* und *Variété* arbeiteten schon damals mit mechanischen und pyrotechnischen Tricks. Da diese nicht von Künstlern selbst, sondern von Feuerwerkern, Bastlern und Autodidakten stammten<sup>15</sup>, kamen Zweifel auf, inwiefern der Einsatz von *Special Effects* auf die Theater- bzw. Filmkunst zurückzuführen ist. Früher wurden *Special-Effects-Filme* sogar auf gleiche Ebene mit pornografischen Filmen und dergleichen gestellt: „<<[...] effects movies - in the Fifties and Sixties - were always somehow slightly tainted [...]. They were kind of grouped together with sex movies and things like that.>>“<sup>16</sup>

Anhand von dieser Haltung kam schnell die Annahme, dass die Bevölkerung Skepsis vor etwas Neuem und Außergewöhnlichem hatte. „Es wird befürchtet, dass das Kino im Gefolge einer automatisierten Produktion mit Computern und deren grenzenlosen Möglichkeiten mehr und mehr zum hirnlosen Spektakel mutieren und seine erzählerische Funktion aufgeben könnte.“<sup>17</sup>

In den letzten 100 Jahren hat sich der Bereich *Special Effects* und somit auch *VFX* von einfachen Filmtricks bis hin zu komplexen Umsetzungsverfahren, die wir heute kennen, entwickelt.

Zum Ende des 19. Jahrhunderts entdeckte *Alfred Clark* das Verfahren des *Stopptricks*, das er in *Thomas Edison's* Film *The Execution of Mary, Queen of Scots* (1895) erstmals in der Geschichte des Films einsetzte.<sup>18</sup> Ein Jahr später kam *George Méliés* durch einen Zufall ebenfalls auf den *Stopptrick*, den er dann im Film *Die Reise zum Mond* verwendete.

Die Vorgehensweise des *Stopptricks* besteht darin, den Film anzuhalten, um das zu filmende Objekt zu verändern. Dabei wird die Einstellung der Kamera inklusive der Belichtung unverändert stehen gelassen, sodass anschließend weiter gefilmt werden kann. Im fertigen Film bewegt sich das Objekt von alleine, beziehungsweise dieses erscheint oder verschwindet. *Méliés* entwickelte den

---

<sup>15</sup> Vgl. Visual Effects-Filmbilder aus dem Computer, Barbara Flückiger, Schüren Verlag 2008, S.14.

<sup>16</sup> Siehe ebd., Zitat (cinefex 9:71).

<sup>17</sup> Siehe ebd., S.13.

<sup>18</sup> Vgl. The VES Handbook of Visual Effects, Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman, Focal Press 2010, S.4.

*Stopptrick* weiter, indem er mit Überblendungen, Doppel- und Mehrfachbelichtungen experimentierte.<sup>19</sup>

In den 1920er Jahren waren sogenannte *Matte Paintings* sehr beliebt. Diese wurden dazu benutzt, um den Hintergrund des Films zu simulieren. Es waren unter anderem Maler wie *Norman Dawn* (Kalifornieren) oder *Percy Day* (England), die das Verfahren erstmals entdeckten, perfektionierten und in Filmen integrierten. Zu den bekanntesten Filmen zählen *California Missions* (1907) von *Norman Dawn* oder *Thiefs of Baghdad* (1940) von *Percy Day*. Dieses Verfahren wurde bis zum digitalen Zeitalter genutzt, bis diese durch *digitales Matte Painting* ersetzt wurden.<sup>20</sup>

1927 wurde der *Schüfftan'sche Spiegeltrick* zum ersten Mal ausgeführt. Für seinen Film *Metropolis* ließ *Fritz Lang* eine tischhohe Miniaturstadt bauen. Um die Schauspieler und die Miniaturstadt kombinieren zu können, verwendete er den oben genannten *Spiegeltrick* als *Special Effect*. Dazu wird die Kamera neben einem Modell und im 45° Winkel zu einem halbdurchlässigen Spiegel platziert. Wenn die Schauspieler während der Aufnahmen durch den Spiegel gefilmt werden, wird auch das Miniaturmodell gleichzeitig erfasst und somit zu einem Bild zusammengeführt.<sup>21</sup>

Ein weiterer Meilenstein, der 1933 die Kinoleinwand eroberte, führte mit *Stopp-Motion* und *Rückprojektion* die Geschichte des Filmtricks voran. Dem Regisseur *Carl Denhams* gelang es, in seinem Film *King Kong* aus einer 45cm großen Figur einen riesigen Affen zu erschaffen. Zunächst wurden die Bewegungen der kleinen Trickfigur Bild für Bild aufgenommen und jedes Mal ein bisschen verändert. Somit entstand der Eindruck einer realen Bewegung. Dieses Verfahren wird als *Stopp-Motion* bezeichnet. Da die Schauspieler vor einer Leinwand agieren, auf die ein spezieller Projektor einen beliebigen Hintergrund werfen kann, wurden mithilfe der *Rückprojektion* die *Stopp-Motion* Aufnahmen der Trickfigur auf den Hintergrund projiziert. Somit wirkte damals der große *King Kong* im fertigen Film, in Zusammenspiel mit den Schauspielern, glaubhaft und

---

<sup>19</sup> Vgl. Planet Wissen, Filmtricks, Michael Ringelsiep/Christoph Teves, Stand: 01.11.2012, 12:00, [http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks\\_von\\_metropolis\\_bis\\_matrix/index.html](http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks_von_metropolis_bis_matrix/index.html) (letzter Besuch: 02.06.2016).

<sup>20</sup> The VES Handbook of Visual Effects, Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman, Focal Press 2010, S.5.

<sup>21</sup> Vgl. Planet Wissen, Filmtricks, Michael Ringelsiep/Christoph Teves, Stand: 01.11.2012, 12:00, [http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks\\_von\\_metropolis\\_bis\\_matrix/index.html](http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks_von_metropolis_bis_matrix/index.html) (letzter Besuch: 02.06.2016).

real.<sup>22</sup>

Das Verfahren der *Rückprojektion* war in den 1940er Jahren sehr beliebt und wurde auch von *Alfred Hitchcock* verwendet. „Sein Film ‚Das Rettungsboot‘ (‚Lifeboat‘, 1943) wurde sogar ausschließlich vor einer Hintergrundleinwand gedreht.“<sup>23</sup>

Auch das Verfahren einer *Frontprojektion* wurde kurz darauf entdeckt und von *Stanley Kubrick* in *2001: A Space Odyssey* (1968) angewandt. Im Vergleich zu der *Rückprojektion* ist die *Frontprojektion* deutlich komplizierter und aufwendiger. *Kubrick* projizierte Fotos einer Landschaft auf einer großen Leinwand, die zu Dias in DIN-A4-Format vergrößert wurden. Vor dieser agierten Schauspieler in Affenkostümen. Da der Projektor ebenfalls auf die Schauspieler strahlte, wurden 1500 Studiolampen eingesetzt, um die DIA-Projektion auf dem Fell der Kostüme verschwinden zu lassen.<sup>24</sup>

Ab 1977 kam es mit dem Kinoerfolg *Krieg der Sterne* (*Star Wars*) von *George Lucas* zu einem großen Umbruch in der Filmgeschichte. Das digitale Zeitalter war geboren. Statt der klassischen Filmtricks kamen nun *Visual Effects* zum Einsatz, die mit dem Computer erstellt wurden. Zum führenden Studio für *Visual Effects* etablierte sich rasch die Tricktechnik-Firma *Industrial Light and Magic*, kurz *ILM*, die *George Lucas* anfangs nur für das Projekt *Krieg der Sterne* gründete. Allerdings betreute die Firma viele weitere Filmproduktionen und ist unter anderem auch für Produktionen wie *Star Trek*, *Indiana Jones*, *Terminator*, *Jurassic Park*, *Men in Black* oder *Krieg der Welten* bekannt.<sup>25</sup>

Mithilfe der digitalen Technik wurden weitere Verfahren entdeckt und eingesetzt, die das *Special-Effect*-Geschäft revolutioniert haben.

Firmen wie *Information International, Inc.*, auch bekannt als *Triple-I*, spezialisierten sich Anfang der 1970er Jahren auf *Computergrafiken*, kurz *CG* genannt. 1982 erschien der Film *Tron* von *Triple-I* und drei weitere Grafikfirmen:

---

<sup>22</sup> Vgl. The VES Handbook of Visual Effects, Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman, Focal Press 2010, S.5.

<sup>23</sup> Siehe Planet Wissen, Filmtricks, Michael Ringelsiep/Christoph Teves, Stand: 01.11.2012, 12:00, [http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks\\_von\\_metropolis\\_bis\\_matrix/index.html](http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks_von_metropolis_bis_matrix/index.html) (letzter Besuch: 02.06.2016).

<sup>24</sup> Vgl. The VES Handbook of Visual Effects, Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman, Focal Press 2010, S.5.

<sup>25</sup> Vgl. Planet Wissen, Filmtricks, Michael Ringelsiep/Christoph Teves, Stand: 01.11.2012, 12:00, [http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks\\_von\\_metropolis\\_bis\\_matrix/index.html](http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks_von_metropolis_bis_matrix/index.html) (letzter Besuch: 02.06.2016).

*MAGI, Robert Abel & Associates* und *Digital Effects*<sup>26</sup>. Dieser faszinierte das Publikum mit seinen *Visual Effects*, die mithilfe von Computergrafiken erstellt wurden.

Im Jahr 1985 entwickelte die Firma *Pixar* unter der Aufsicht von *Dennis Muren* den ersten CG-animierten Charakter im Film *Young Sherlock Holmes*.

Die berühmte Science-Fiction-Filmreihe *Matrix* von den *Wachowski Geschwistern* dient als das Paradebeispiel für die *Zeitlupenfotografie*. Diese ermöglicht es, bestimmte Bilder einzufrieren und die Geschehnisse in einer sehr verlangsamten Form abzubilden. Um diesen Effekt zu erzielen, werden im Raum hundert Standbildkameras verteilt, die mithilfe eines Computerprogramms nacheinander ausgelöst werden. Auf diese Weise wird die Simulation einer virtuellen Kamerafahrt ermöglicht, die keinen physikalischen Bedingungen gehorchen muss.<sup>27</sup> Gefilmt wird das Ganze vor einem *Blue- bzw. Greenscreen*, um in der Postproduktion nachträglich beliebige Szenenbilder einbauen zu können.

Ein weiteres Verfahren, dass in *Matrix* eingesetzt wurde, ist das sogenannte *Motion Capturing*. Hier wird die Bewegung des Darstellers erfasst und auf die erzeugten Modelle im Computer übertragen. Die Erfassung erfolgt mittels Spezialkameras, die die Bewegungen mithilfe von Markierungen an bestimmten Punkten des Körpers aufzeichnen. Im Film *Matrix* tragen die Darsteller einen dunklen Anzug, an dem viele kleine Lämpchen befestigt sind.<sup>28</sup> Die erstmalige Anwendung des *Motion Capturings* gab es jedoch bereits im Jahr 1983 bei *Sexy Robot*<sup>29</sup>.

Im Jahr 1993 kamen in *Jurassic Park* von *Steven Spielberg* erstmals fotorealistische Kreaturen als *Computer Generated Imagery*, kurz *CGI*, zum Einsatz. Für die Authentizität der Dinosaurier wurde der Film mit einem Oscar in der Kategorie *Best Achievement in Visual Effects* ausgezeichnet.<sup>30</sup>

---

<sup>26</sup> Vgl. The VES Handbook of Visual Effects, Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman, Focal Press 2010, S.11.

<sup>27</sup> Vgl. Planet Wissen, Filmtricks, Michael Ringelsiep/Christoph Teves, Stand: 01.11.2012, 12:00, [http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks\\_von\\_metropolis\\_bis\\_matrix/index.html](http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks_von_metropolis_bis_matrix/index.html) (letzter Besuch: 02.06.2016).

<sup>28</sup> Vgl. The VES Handbook of Visual Effects, Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman, Focal Press 2010, S.11.

<sup>29</sup> Vgl. History of Computer Animation - P1, Youtube, Neuroplasm, hochgeladen am 11.04.2008, <http://www.youtube.com/watch?v=LzZwiLUVaKg> (letzter Besuch: 02.06.2016).

<sup>30</sup> Vgl. Filmsite, Greatest Visual and Special Effects (F/X) - Milestones in Film, Tim Dirks, <http://www.filmsite.org/visualeffects14.html> (letzter Besuch: 02.06.2016).

## 4. Entwicklung der *Visual Effects* in den letzten Jahren

Seit dem Jahr 1993 erfuhr die VFX Branche einer raschen Entwicklung. Innovative Techniken eröffneten viele Möglichkeiten, sodass der Phantasie der Künstler und ihrer Umsetzung nichts mehr im Wege stand.

### 4.1 Zunehmende Rolle der *Visual Effects*

Heutzutage gibt es kaum große Spielfilmproduktionen, die keine *Visual Effects* verwenden. Es geht nicht nur um Science-Fiction-Filme, in denen der Zuschauer den Einsatz von VFX erwartet, sondern viel mehr um diejenigen Filme, bei denen man nicht einmal an VFX denken würde. Dabei bestehen diese zum großen Teil daraus. Als passendes Beispiel wird hierzu der Film *The Wolf of Wall Street* (2013) vom Regisseur *Martin Scorsese* angeführt. Nahezu der komplette Film wurde hauptsächlich vor *Blue-* bzw. *Greenscreen* gedreht und wird auch besonders von CGI geprägt. Selbst eine Golfplatzszene wird nicht an einem realen Golfplatz gedreht, sondern ist nur das Produkt aus dem Studio, bei dem via *Blue-* bzw. *Greenscreenverfahren* eine Golfplatzkulisse in der Postproduktion geschaffen wurde<sup>31</sup>. Ein älteres Beispiel ist der Film *Forrest Gump* (1994) von *Robert Zemeckis*. Hier schüttelt beispielsweise *Tom Hanks* in einer Szene die Hand von *John F. Kennedy*. Auch hier handelt es sich um einen Trick, welcher mithilfe der *Rotoskopiertechnik* umgesetzt wurde<sup>32</sup> und somit *John F. Kennedy* im Film real wirken lässt. Jene Effekte, die von uns nicht als solche wahrgenommen werden, werden im Fachjargon als *Invisible Effects*<sup>33</sup> bezeichnet. Dessen Nutzen versteht sich primär als ein Hilfsmittel für den Regisseur, der auf diese Weise die Wirklichkeit im Film noch realer wirken lässt. Die Herausforderung dabei ist, den Einsatz von VFX unbemerkt zu lassen. Doch auch für Science-Fiction-Filme wird die Rolle der *Visual Effects* immer wichtiger. Ohne der langjährigen Entwicklung, der Perfektionierung der VFX und die Entdeckung ihrer Möglichkeiten könnten Filme, wie zum Beispiel *Avatar* (2009) von *James Cameron*, gar nicht erst produziert werden. Hier ist vor allem

<sup>31</sup> Vgl. *The Wolf of Wall Street VFX Breakdown*, Fstoppers, Rebecca Britt, hochgeladen am 17.01.2014, <https://fstoppers.com/video/wolf-wall-street-vfx-breakdown-8305> (letzter Besuch: 02.06.2016).

<sup>32</sup> Vgl. *Visual Effects-Filmbilder aus dem Computer*, Barbara Flückiger, Schüren Verlag 2008, S.219.

<sup>33</sup> Vgl. *Industrial Light and Magic, Archive, Forrest Gump*, Paramount Pictures, <http://www.ilm.com/vfx/forrest-gump/> (letzter Besuch: 02.06.2016).



die starke Entwicklung der Computertechnologie ausschlaggebend. Wie bereits am Anfang dieser Arbeit erwähnt, kam bei *Avatar* der Einsatz von VFX ausnahmsweise schon beim Dreh des Films zustande. Da der Regisseur mithilfe seines Monitors das Spiel vor der Kamera in der virtuellen Welt sehen konnte, war es für ihn möglich die einzelnen Unstimmigkeiten sofort zu überprüfen und zu korrigieren. Dadurch konnte im fertigen Film die bestmögliche Qualität erreicht werden.

## 4.2. Rasante Entwicklung der Technik

Die zunehmende Rolle der VFX ist eine Folge der rasanten Entwicklung der Computertechnologie, durch die einige Verfahren leichter und vor allem Zeit effizienter umgesetzt werden können.

Während früher die Effekte in Kopierwerken generiert wurden, übernimmt heute der Computer alle aufwendigen Verfahren. „Vorbei sind die Zeiten von Filtern und längerem oder kürzerem Entwickeln in speziellen chemischen Bändern. Man arbeitet mit einem digitalen Intermediate.“<sup>34</sup>

Die Computer Revolution hat vor allem die Preispolitik der Filmindustrie sehr beeinflusst, wodurch die Entwicklung und die Bedeutung von VFX rasant gestiegen sind. Vor einigen Jahren war beispielsweise ein *RAM Speicher (Random Access Memory)* sehr kostspielig, wodurch für viele Konsumenten eine solche Investition nur selten in Frage kam. Heutzutage können sich jedoch nicht nur Firmen, sondern auch viele Privatkonsumenten eine professionelle Schnittsuite mit der nötigen Software anschaffen und die Effekte selbst kreieren. Allerdings benötigt man für professionelle Filmproduktionen, vor allem für die *Visual Effects*, mehr als nur einen Computer und arbeitet mit verschiedenen Software Programmen gleichzeitig. So wird beispielsweise für die 3D Simulation das Programm *Maya* und für das Compositing das Programm *Nuke* häufig benutzt. Für einige Effekte wird zudem das Programm *Adobe After Effects* als geeignet angesehen. Die Gesamtheit aller Programme ergibt anschließend eine enorme Summe, sodass es für den Privatkonsum aufgrund der hohen Kosten nicht immer möglich ist.

---

<sup>34</sup> Siehe VFX, Sacha Bertram, UVK, 2005, S. 27.

Die Vielfaltigkeit und die Komplexität der Programme setzt auch für die professionelle Benutzung den dafür notwendigen Kenntnisstand voraus. Die unzähligen Möglichkeiten, die jedes einzelne Programm bietet, müssen erst entdeckt und eingearbeitet werden.

#### **4.3. Entwicklung der *Visual Effects* in Deutschland und USA**

Die Bedeutung der *Visual Effects* weist einige Unterschiede zwischen einigen Ländern auf. Hier wird als Vergleichsbeispiel die Länder Deutschland und USA betrachtet. Natürlich hat Hollywood, was Filmproduktionen betrifft, die marktbeherrschende Stellung. Während es in den USA als selbstverständlich angesehen wird, 20 bis 25 Prozent des Budgets für die *Visual Effects* einzuplanen, womit einige Millionen von Dollar gemeint sind, werden in Deutschland maximal fünfstellige Summen dafür investiert.<sup>35</sup> Somit unterscheiden sich auch die Arbeitsweisen der beiden Länder innerhalb der VFX Branche. Während die Abteilung der *Visual Effects* in den USA als integrierter Bestandteil der Produktionscrew von Anfang an angesehen wird, gilt es für die deutschen Filmproduktionen nicht als selbstverständlich. Oft wird hier das Budget für die Effekte nicht von einem eigenständigen VFX Producer kalkuliert, sondern von dem Produzenten oder vom Produktionsleiter selbst.<sup>36</sup> Diese Kalkulation läuft meistens auf den Restbetrag des Produktionsbudgets hinaus, also die Summe, die nach dem Realdreh zur Verfügung steht. Dies impliziert, dass bei höheren Kosten für den gesamten Dreh schlussendlich bei den Effekten gespart wird. Das wirkt sich wiederum auf die Qualität des Films aus, wobei der Qualitätsstandard der *Visual Effects* sich in Deutschland nicht wesentlich von den USA unterscheidet. Im Gegenteil, eine Ausbildung zum VFX *Artist* in Deutschland gilt weltweit als sehr anerkannt. Aus diesem Grund arbeiten viele VFX *Artists*, die ihre Ausbildung in Deutschland absolviert haben angesichts der besseren Arbeitslage im Ausland. Allerdings wird die Postproduktion der Hollywoodfilme aufgrund der geringeren Kosten oft in andere Länder verlagert. Unter anderem nach Deutschland, wodurch in den

---

<sup>35</sup> Vgl. VFX, Sacha Bertram, UVK, S.26.

<sup>36</sup> Vgl. ebd. S.27.

letzten Jahren einige große Produktionsfirmen wie *Pixomondo* oder *LUXX Studios* hier ihren Sitz haben.

#### 4.4. VFX in neuen Gebieten

Der Einsatz von VFX spielt nicht nur für Filme eine wichtige Rolle. Werbung, Animationen und vor allem auch für Computerspiele ziehen sich ihre Vorteile daraus. So weitet sich das Einsatzgebiet der *Visual Effects* samt derer Möglichkeiten auch auf den Bereich hinaus, die zuvor nichts mit dieser Branche gemeinsam hatten.

Ein wichtiger Aspekt hierfür ist unter anderem die Verwendung von *Visual Effects* in Dokumentarfilmen. Wie *Sacha Bertram* in seinem Buch formuliert: „[...] Visual Effects und Doku-Film [passen so gut zusammen,] wie der Magier und der Wissenschaftler. [...] Aber Magie und Wissenschaft passen dann ganz gut zusammen, wenn der Magier den Versuch unternimmt, seinem Publikum wissenschaftliche Fakten auf unterhaltsame Weise zu präsentieren.“<sup>37</sup> So können Regisseure Informationen über Geschichtsereignisse anhand von spektakulären Bildern, die mithilfe von *Visual Effects* erstellt werden den Zuschauern besser vermitteln. Denn für viele historische Ereignisse gibt es kein Originalmaterial, weil es zu dieser Zeit nicht aufgezeichnet wurde bzw. werden konnte. Zu solchen Bildern gehören oft *Landkartensimulationen*, *fotorealistische Computergrafiken* oder weitere Visualisierungen, die zum besseren Verständnis des Sachverhalts im Film verhelfen können.<sup>38</sup> Es ist auch nicht ungewöhnlich, dass Regisseure große Schlachtszenen oder Ähnliches nachstellen, um den Zuschauern einen besseren Einblick über ein Ereignis in der jeweiligen Zeit zu verschaffen. Bei Massenszenen werden meistens Verfahren, wie *CGI* oder *Crowd Replication* eingesetzt. So kann beispielsweise aus dem Aufnahmematerial mit 50 Statisten, in der Postproduktion eine Armee mit hunderten von Soldaten erschaffen werden. Im Punkt 5.1. und 5.2.3. dieser Arbeit, werden die beiden Verfahren genauer erklärt.

---

<sup>37</sup> Siehe VFX, Sacha Bertram, UVK, 2005, S. 29.

<sup>38</sup> Vgl. ebd. S.29ff.

## 5. Anwendung der *Visual Effects* in Spielfilmen

Mit der Entwicklung der *Visual Effects* haben sich auch die Realisierungen der Ideen der Filmschaffenden verbessert, sodass sie mithilfe von *VFX* ihre Kreativität in vollsten Zügen ausleben können.

### 5.1. Gründe für den Einsatz von *VFX*

Der Regisseur hat heute die Freiheit, die Geschichte seines Films so zu gestalten, wie er sich diese genau vorstellt. Die Frage nach den Möglichkeiten der Umsetzung wird immer geringer, es gibt aufgrund der *Visual Effects* und ihrer modernen Entwicklung kaum noch Grenzen. Somit werden komplett neue Welten und Kreaturen, wie zum Beispiel *Pandora* und *die Avatare*, erschaffen oder dem Menschen werden übernatürliche Kräfte, wie in den Superheldenfilmen *Spiderman* und *Superman* verliehen.

Eine Möglichkeit realitätsnah zu bleiben und einen Mann über eine Schlagline zwischen den beiden World Trade Centern ohne Sicherung balancieren zu lassen, wie in dem Film *The Walk* (2015) von *Robert Zemeckis*, gehört ebenfalls zu den grenzenlosen Möglichkeiten der *VFX*. Der Clou dabei ist, dass der Zuschauer die falsche Realität im Film nicht als solche wahrnimmt. Selbst reale Kreaturen können von gut umgesetzten *CGI Animationen* nicht oder nur kaum unterschieden werden. Das beste Beispiel hierfür ist der Bär, der *Leonardo DiCaprio* in *Alejandro G. Inárritus Film The Revenant* (2015) fast in Stücke reißt.

Genau das ist die Aufgabe des Regisseurs und des *VFX-Supervisors*: Mithilfe des Effekts soll die Handlung des Films bestmöglich vorangetrieben werden, um realistische Darstellung zu bieten und darauf zu achten, dass der Effekt den Fluss der Handlung nicht hindert.

Es gibt jedoch Fälle, in denen *Visual Effects* mit Absicht bewusst übertrieben dargestellt werden. Die Filmreihe *James Bond* ist genau für diesen Fall bekannt. „[...] Wenn James Bond einem abstürzenden Flugzeug hinterher stürzt, dieses einholt, ins Cockpit einsteigt und weiterfliegt, so erübrigt sich die

Frage nach dem Realismus.“<sup>39</sup> In diesem Fall wirkt der Effekt „[...] spektakulär, lustig und gewollt übertrieben.“<sup>40</sup>

Die Grenze für die Umsetzung einer Idee stellt der Budgetrahmen dar, der für die gesamte Filmproduktion veranschlagt wurde. Auch wenn die Arbeit mit moderner Soft- und Hardwaretechnik im Vergleich zu früheren Zeiten geringeren Aufwand für ein größeres Ergebnis erfordert, liegen die Preise für VFX Produktionen dennoch im oberen Segment. Jedoch sind hier ebenfalls Unterschiede zwischen den Ländern festzustellen. Eine VFX Produktion in den USA ist im Schnitt ca. 40 Prozent teurer, als beispielsweise in Indien oder in Neuseeland. Infolgedessen werden Aufträge unter anderem für VFX Firmen, wie das bereits genannte *Pixomondo* in Deutschland, *Weta Digital* in Neuseeland oder *Digikore* in Indien für die Umsetzung der *Visual Effects* für die Hollywoodproduktionen vergeben. Der Grund dafür sind die vergleichsweise niedrigen Lohnkosten der jeweiligen Länder. Obwohl oft die Arbeit in Deutschland als teuer kritisiert wird, so liegt der Preisrahmen im Bereich VFX deutlich unter dem von Hollywood's Standard.<sup>41</sup> Doch auch in anderen Bereichen kann sich ein Land wie Deutschland nur schwer mit Hollywood messen. Während dort eine Produktion mit einem Budget von unter 50 Millionen Dollar als Low-Budget-Produktion angesehen wird, ist es für die deutschen Filmschaffenden eine enorme Summe, wenn sie einen Spielfilm mit einem Budgetrahmen von 20 Millionen Euro drehen dürfen.<sup>42</sup>

Und somit ist der Kostenfaktor, vor allem bei Hollywoodproduktionen, der entscheidende Faktor für den Einsatz von VFX.

Es wäre viel teuer, die ganze Crew zu den realen Kulissen zu befördern und dort zu drehen, anstatt das Ganze im Studio nachzubauen und mithilfe von *Green- bzw. Bluescreenverfahren* die Realkulissen in der Postproduktion einzufügen. Deshalb sind auch die bereits genannten *Invisible Effects* so beliebt.

Auch bei Filmen, wie *Herr der Ringe*, ist es deutlich sparsamer Komparsen und Darsteller bei Massenszenen durch CGI zu ersetzen, anstatt hunderte von

---

<sup>39</sup> Siehe VFX, Sacha Bertram, UVK, 2005, S.27.

<sup>40</sup> Siehe ebd., S.24.

<sup>41</sup> Vgl. VFX, Sacha Bertram, UVK, 2005, S.25.

<sup>42</sup> Vgl. ebd. S.26.

Menschen zum Dreh zu engagieren. Dieses Verfahren wird als *Crowd Replication* bezeichnet und wurde zum ersten Mal im Film *Forrest Gump* angewendet. Aus dem Aufnahmematerial mit 700 Statisten wurde im Film ein Prostet von 100.000 Menschen gegen den Vietnamkrieg.<sup>43</sup>

Ein weiteres Argument für den Einsatz von VFX in Spielfilmen ist die Reduzierung der Verletzungsgefahr bei den Dreharbeiten. Selbstverständlich musste *Joseph Gordon-Levitt* nicht in Wirklichkeit auf einer Slagline zwischen den beiden World Trade Center Gebäuden in *The Walk* balancieren. Dies wäre zum Zeitpunkt der Dreharbeiten auch physisch nicht möglich gewesen, denn im Film wird das World Trade Center dargestellt, das damals nicht mehr existiert hat. Die Szenen wurden im Studio in wenigen Metern Höhe gedreht und anschließend in der Postproduktion mit der Realkulisse zusammengefügt<sup>44</sup>. Darüber hinaus wurden die schwierigen Passagen von einem Stuntdouble übernommen.

Es kommt oft vor, dass Regisseure erst im Schnitt merken, dass die Geschichte des Films nicht so abgebildet werden kann, wie sie sich das anfangs vorgestellt hatten. Oder das Worst-Case-Szenario: diese funktioniert keineswegs. Als Lösung versuchen sie mithilfe von *Visual Effects* dem Film dennoch ihre eigene kreative Note zu geben. In solchen Fällen ist seitens der Regisseure die Erwartung an die *Visual Effects* sehr hoch, wodurch die Kosten ebenfalls für Nachkorrekturen oder spezielle Umsetzungen steigen. „Effekte können einer schlechten Story nicht mehr helfen. Aber sie können eine gute Story unterstützen und verstärken.“<sup>45</sup>

## 5.2. Häufig verwendete *Visual Effects* in Spielfilmen

Im Laufe der Entwicklung der *Visual Effects* sind viele Verfahren entstanden, um gute Effekte zu erzielen. Speziell Techniken, wie *Modellbau*, *Spiegeltricks* oder *Glasvorsatz*, wurden durch digitale Verfahren ersetzt und werden heute entweder in seltenen Fällen eingesetzt oder haben nur noch eine historische

---

<sup>43</sup> Vgl. Lexikon der Filmbegriffe, JH, Stand 03.08.2011, <http://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=lexikon&tag=det&id=709> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>44</sup> Vgl. The Walk visual effects supervisor Kevin Baillie - Variety Artisans, Youtube, Variety, veröffentlicht am 27.10.2015, <https://www.youtube.com/watch?v=BAz-P-Ra790> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>45</sup> Siehe VFX, Sacha Bertram, UVK, 2005, S. 24.

Bedeutung. Allerdings ist der Kern dieser Techniken weiterhin erhalten geblieben. So wurden beispielsweise *Matte Paintings* durch *digital Matte Paintings* ersetzt. *Modellbau* ist heutzutage gar nicht mehr notwendig, denn mithilfe von CGI können Raumschiffe, Kreaturen oder ähnliches am Computer erstellt werden. Dadurch erübrigen sich auch die *Spiegeltricks*. Mithilfe von *Motion Capturing* und *Blue- bzw. Greenscreen* können CGI Objekte gesteuert und in der Postproduktion direkt in den Film eingebaut werden. Allerdings gibt es einige Regisseure, wie *Christopher Nolan*, die auch heutzutage noch auf *Modellbau* zurückgreifen.

Unter all den Techniken gibt es einige Verfahren, die besonders häufig von den *VFX-Artists* verwendet werden. Zu diesen Verfahren gehören vor allem *Blue- bzw. Greenscreen*, *Rotoscoping*, *CGI*, *Motion Capturing*, *Matchmoving* und *Stereoscopy*.

Im Folgenden wird speziell auf diese Verfahren im nähren eingangen.

### 5.2.1. Bluescreen, Greenscreen

Die *Blue- bzw. Greenscreen* Methode ist deshalb sehr beliebt, da anhand dieses Verfahrens nicht nur kosteneffizient, sondern auch ressourceneffizient gearbeitet werden kann. Hierbei ist vor allem die richtige Beleuchtung des Hintergrunds und auch der Personen entscheidend. Man muss besonders darauf achten, dass das Licht passend zum Filmmaterial ist, welches später hinzugefügt wird. Es darf unter keinen Umständen grüne bzw. blaue Farbe im Vordergrund erscheinen. Denn alles, was grün oder blau ist, wird in der Postproduktion durch das Filmmaterial ersetzt. Das erfolgt durch das sogenannte *Chroma Key*, eine farbbasierte Bildfreistellung. Dabei werden die grünen bzw. blauen Teile des Bildes entfernt und das restliche Aufnahmematerial freigestellt. Schließlich kommt das *Compositing* zum Einsatz. Das Gesamtbild wird aus mehreren Bildelementen idealerweise so zusammengesetzt, dass der Betrachter das Bild als ein Ganzes wahrnimmt. Als Hintergrund, was beim Aufnahmematerial grün bzw. blau war, können beliebige Bilder eingebaut werden. Diese sind meistens entweder reale Bildaufnahmen oder Animationen.



### 5.2.2. Rotoscoping

Der Begriff *Rotoscoping* spaltet sich in zwei verschiedene Arten.

Der im Animationsbereich gebrauchte Terminus stammte von *Max Fischer*, der den *Rotoskop 1917* patentierte. Dieser diente ursprünglich dem Zweck, Animationen nach Live-Action-Vorlagen zu erstellen<sup>46</sup>. Er wurde erstmals in der Animationsserie *Out Of The Inkwell* eingesetzt<sup>47</sup>. Durch diese Technik werden komplexe, animierte Bewegungsabläufe realitätsnah dargestellt. Im Wesentlichen beruht das Verfahren darauf, Filmszenen auf eine Mattglasscheibe zu projizieren, die als Schirm dient. Das Ganze wird anschließend von den Animatoren Bild für Bild abgezeichnet, ähnlich wie das Durchpausen. Seit den 1990er Jahren unterstützen auch Computerprogramme diese Art von *Rotoscoping*. Diese können auf der einen Seite den Fluss einzelner Pixel oder markanter Bildteile verfolgen und automatisch berechnen, auch bekannt als *Tracking*. Auf der anderen Seite nutzen die Computerprogramme das Verfahren optischer Gestalterkennung. Zum Beispiel können es plötzliche Kontrastunterschiede sein, die als Kanten infrage kommen. Durch die Definition der Umrisse, die auf dem Computer als sogenannte *Spline-Kurven* durch eine *Polynomfunktion* zustande kommen, lassen sich weniger Kontrollpunkte von Bild zu Bild, ohne das unnatürliche Verhalten, angleichen. Darüber hinaus lassen sich die Umrisse beliebig weich zeichnen.<sup>48</sup>

Die zweite Art von *Rotoscoping*, die oft von den VFX Artists benutzt wird, kommt aus dem *Compositing* Bereich. Im Grunde versteht man unter *Rotoscoping* das Markieren von Personen und Objekten, um diese auszuschneiden und auf diese Weise freizustellen, damit man diese überall hin verlagern kann. „If the main issue is to put something in the middle ground (e.g., a creature or object between the actor and the background), then rotoscoping is usually preferred.“<sup>49</sup>

---

<sup>46</sup> Vgl. Visual Effects-Filmbilder aus dem Computer, Barbara Flückiger, Schüren Verlag 2008, S.216.

<sup>47</sup> Vgl. Lexikon: Rotoskopie, [www.bluray-disc.de/lexikon/rotooskopie](http://www.bluray-disc.de/lexikon/rotooskopie) (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>48</sup> Vgl. Visual Effects-Filmbilder aus dem Computer, Barbara Flückiger, Schüren Verlag 2008, S.217f.

<sup>49</sup> Siehe The VES Handbook of Visual Effects, Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman, Focal Press 2010, S. 53.

Eine der wichtigsten Anforderungen im Bereich der *Visual Effects* ist es durch die verschiedenen Methoden und Verfahren diejenigen Elemente, die für den Film keine Rolle spielen, zu entfernen. Darunter fallen zum Beispiel Hilfsmittel für Darsteller und das Equipment, wie Sicherungsseile, B-Kameras, Teammitglieder oder unvermeidbare Spiegelungen der Kamera und vieles mehr.

Es ist auch möglich, ungewollte Dinge oder Personen mithilfe des *Blue- bzw. Greenscreen* und unter Einsatz des *Chroma Keys* unsichtbar machen. Die Herausforderung dabei ist demnach, dass die zu entfernenden Einheiten die grüne oder blaue Farbe beinhalten sollen. So legt man zwei Bildebenen übereinander und an dem Punkt, wo die oberste Ebene grün bzw. blau ist, kann diese mithilfe einer Maske unsichtbar gemacht werden. Wichtig hierbei ist, dass ein sogenannter *Clean Plate* mitgedreht werden muss. Darunter versteht man leeren Hintergrund, der sich hinter den zu entfernenden Objekten befindet. Da dieser Vorgang sehr aufwändig ist und selten die Möglichkeit vorhanden ist, einen *Clean Plate* zu drehen, greift man auf die Verfahren des *Rotoscoping* und *Einzelbildretusche* zu.<sup>50</sup>

„A number of industry techniques are used to isolate elements from a plate, the most common of which are rotoscoping, luminance or difference mattes, or a combination of any or all.“<sup>51</sup>

Wie bereits erwähnt, besteht das Verfahren daraus, Personen oder Objekte in einem Film zu markieren, um diese durch einen Ausschnitt später auf einen beliebigen Ort zu verlagern. Früher wurden die Masken mit der Hand gezeichnet. Da ein Film mit 24 Bildern pro Sekunde gedreht wird, kann das Verfahren viel Zeit in Anspruch nehmen, denn unter Umständen muss jedes einzelne Bild nachbearbeitet werden. Oftmals sind die Bewegungen im Bild nicht stark genug, sodass es genügt, die Masken alle 10 bis 20 Einzelbilder anzupassen. Aufgrund der Technik des *Chroma Keys* erübrigt sich heutzutage die Zeichnung der Masken mit der Hand. Wird ein Objekt aus dem Bild ausgeschnitten, so ist die Bildebene an dieser Stelle transparent. Idealerweise hat man das *Clean Plate* bereits beim Drehort gefilmt und setzt es einfach als untere Ebene ein, sodass die transparente Stelle durch den leeren Hintergrund

---

<sup>50</sup> Vgl. VFX, Sacha Bertram, UVK 2005, S. 88.

<sup>51</sup> Siehe The VES Handbook of Visual Effects, Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman, Focal Press 2010, S. 423.

gefüllt wird. In den meisten Fällen jedoch werden *Clean Plates* manuell zusammengebaut. Wenn sich das Objekt oder die Person bewegt, kann der Hintergrund innerhalb des Filmstreifens an einer anderen Stelle kopiert und an der transparenten Stelle, dort wo man ihn braucht, wieder eingefügt werden.

Bei größeren Objekten werden *Clean Plates* teilweise mit der Hand gezeichnet. Diese Technik ähnelt dem *Matte Painting*. Dieses Verfahren wird im zweiten Teil dieser Arbeit genauer erläutert.

Für kleinere Objekte, beispielsweise Sicherungsseile, gibt es bestimmte Programme wie *Wire Removal*. Hier werden benachbarte Pixel kopiert und über die Seile gelegt, sodass diese verschwinden.

Eine weitere essentielle Technik ist die *Einzelbildretusche*. Hier arbeitet man nicht mit verschiedenen Ebenen, *Clean Plates* oder *Masken*, sondern retuschiert direkt im Bild. Das Verfahren funktioniert adäquat zur Bildretusche für Standbilder, zum Beispiel mithilfe des Stempels aus *Photoshop*, bei dem benachbarte Pixel kopiert und vervielfältigt werden. Nur sind es bei den Bewegbildern 24 oder mehr Bilder pro Sekunde.<sup>52</sup>

### 5.2.3. CGI

In der modernen Welt der Filme verzichtet man kaum auf die *CGI* Effekte in der Produktion eines Spielfilms. *Computer Generated Imagery (CGI)* steht für die Welt der 3D-Grafiken, die am Computer entstehen, damit diese in Filmen, Videospielen und graphischen Simulationen eingesetzt werden können. Diese sind beispielsweise Objekte wie Autos, Häuser und Bäume oder Kreaturen, wie Dinosaurier, Tiere oder sogar Menschen.

*CGI* haben in der heutigen *VFX* Branche einen sehr hohen Stellenwert. Im Vergleich zum *Modellbau* wirken diese viel realer, haben eine sehr gute Qualität und benötigen weniger Aufwand als beim Bau eines Modells. Theoretisch genügt nur ein *VFX-Artist*, um eine komplette Stadt oder eine Armee von Orcs, wie zum Beispiel in den Schlachten in *Peter Jacksons* Film *Der Herr der Ringe*, zu erschaffen.

Das Verfahren beim Erstellen eines *CGI* Objektes fängt mit der *Modellierung* an. Hier werden die Modelle im dreidimensionalen Koordinatensystem geplant

---

<sup>52</sup> VFX, Sacha Bertram, UVK 2005, S. 89ff.

und entwickelt. Bei der *Materialisierung* bekommt die Oberfläche der Objekte bestimmte Eigenschaften zugeschrieben. Darunter zählen Farben, Rauigkeit, Reflexion, Glanz und vieles mehr. Der nachfolgende Schritt definiert das zeitliche Verhalten der Objekte im Raum und wird als *Animation* bezeichnet. Schließlich kommen die *Beleuchtung* und das *Rendern*.<sup>53</sup> Auf diese Weise entstand unter anderem die berühmte Figur, *Gollum* aus dem Film *Der Herr Der Ringe*.

#### 5.2.4. Motion Capturing

CGIs, wie zum Beispiel der genannte *Gollum*, stellen Lebewesen dar, die Eigenschaften wie das Reden, Laufen, Sitzen, Kämpfen etc. besitzen. Man kann der erstellten Figur alle Arten von Bewegungen verleihen.

Eine weitere Möglichkeit ist die manuelle Animation. Die Bewegungen der Figur können in Form von Keyframes festgelegt und abgespeichert werden. Anschließend konzipiert der Computer daraus eine fließende Bewegung. Da diese Möglichkeit viel Kleinarbeit erfordert, bevorzugen die Filmemacher in der Praxis das *Motion Capturing*. Hier werden reale Darsteller bei der Ausführung der gewollten Bewegung aufgenommen, welche anschließend auf die virtuelle Figur also das erstellte CGI, übertragen wird. Es können nicht nur Bewegungen, sondern auch die Sprache und die Mimik der Darsteller auf die Figur übertragen werden. So wurden auch *Gollum* durch das *Motion Capturing* die Bewegungen und die Mimik des britischen Schauspielers *Andy Serkis* verliehen. Dieser stellte auch den großen Gorilla *King Kong* (2005) und den Affen *Caesar* in *Planet der Affen: Revolution* (2011) dar.

Das *Motion Capturing* funktioniert auf zwei Weisen. Man benutzt entweder das *elektromagnetische System*, bei dem die Sender an einem Spezialanzug von Antennen erfasst werden und die Bewegung speichern oder man greift zu dem sogenannten *optischen System*, das aufgrund der hohen Genauigkeit viel mehr Anwendung findet. Hier trägt der Darsteller einen schwarzen Anzug, der kaum Licht reflektiert. Es werden weiße Bälle, die mit einem reflektierenden Material beschichtet sind an wichtigen Stellen des Körpers wie den Gelenken, Extremitäten und am Kopf befestigt. In einem *Motion Capture-Studio*, wo das

---

<sup>53</sup> Vgl. Visual Effects-Filmbilder aus dem Computer, Barbara Flückiger, Schüren Verlag 2008, S.25.

ganze Geschehen stattfindet, senden die *Motion Capture-Kameras* infrarotes Licht aus, welches von den weißen Bällen reflektiert wird und somit von der Kamera wieder aufgenommen werden kann. Auf diese Weise erhält man Aufnahmematerial, auf dem nur die weißen Bälle zu sehen sind, weil die *Motion Capture-Kameras* ausschließlich nur infrarotes Licht aufnehmen. Alles andere bleibt schwarz. Im Computer wird das Aufnahmematerial analysiert und die Bewegung jedes einzelnen Balls kann nachvollzogen werden. Diese kann anschließend rekonstruiert und auf das CGI Objekt übertragen werden.<sup>54</sup>

Des Weiteren können nicht nur Personen, sondern auch Ausstattungsgegenstände oder die Position einer virtuellen Kamera durch das *Motion Capturing* aufgezeichnet werden.

### 5.2.5. Matchmoving

Für jeden VFX-Artisten ist es wichtig, das Verfahren des *Matchmovings* zu kennen. Ohne diese Technik gäbe es keine Möglichkeit einer fließenden Zusammenführung der CGI Daten mit Realaufnahmen.

Damit computergenerierte Figuren, wie *Hulk* aus den *Avengers* oder *Optimus* aus *Transformers*, neben den realen Darstellern agieren können, sind *virtuelle Kamerafahrten* unumgänglich. Dazu werden originale Filmaufnahmen durch Berechnungen in digitale Kamerafahrten umgeformt. Der Blickwinkel der virtuellen Fahrt muss der originalen Kamerafahrt entsprechen. Durch spezielle *Tracking Algorithmen*, welche sich von Software zu Software unterscheiden, werden Referenzpunkte in der Realaufnahme Bild für Bild analysiert und verfolgt.

Man unterscheidet zwei Arten von *Tracking*. Zum einen gibt es das *2D Tracking*, bei dem nur der zweidimensionale Raum *getrackt* wird. Hier wird ein Punkt über eine Einstellungssequenz nur so weit verfolgt solange es sich im Bild befindet. Außerhalb des Bildrahmens kann dieses nicht weiter berechnet werden. Dabei ist der Einbezug der Skalierung, Rotation und der Position möglich. Die Kamerafahrt wird nur auf der X- und Y-Achse berechnet.<sup>55</sup> Diese Art von *Tracking* eignet sich beispielsweise gut für das Austauschen der Bilder auf den

---

<sup>54</sup> Vgl. VFX, Sacha Bertram, UVK 2005, S. 54ff.

<sup>55</sup> Vgl. The Art and Science of Digital Compositing, Ron Brinkmann, Verlag Morgan Kaufmann, 2. Ausgabe 2008, S.255.

Monitoren oder Werbebannern innerhalb der Aufnahmen.

Das *3D Tracking* hingegen ermöglicht, 3D Informationen aus einem 2D Filmmaterial zu transformieren. So wird zu dem *2D Tracking* Verfahren zusätzlich die Z- Achse mit einbezogen. Somit kann man ein *CGI* Objekt in den 3D Raum einsetzen und aus allen Winkeln betrachten, wodurch eben die virtuelle Kamerafahrt kreiert werden kann.<sup>56</sup>

Oft wird beim Dreh mit realen Gegenständen gearbeitet, welche in der Postproduktion durch ein *CGI* ersetzt werden. Diese Elemente sind meistens farblich grün oder blau und haben die ungefähre Größe des späteren *CGI* Objektes. Das hilft vor allem den Darstellern, die mit einer virtuellen Figur interagieren müssen. Als geeignetes Beispiel dienen dazu die Drachen aus *Game of Thrones* von *David Benioff* und *D.B. Weiss*. In zahlreichen Szenen kommt *Daenerys Targaryen* (*Emilia Clarke*) mit den Drachen in Berührung. Bei den Aufnahmen arbeitet die Schauspielerin mit grünen Elementen aus Styropor, welche den Kopf eines Drachen simulieren sollen. In der Postproduktion wird dieser durch den *CGI* Drachen ersetzt.

### 5.2.6. Stereoscoping

„When you look at a 2-D movie, it’s already in 3-D as far as your mind is concerned.“ (Roger Elbert)<sup>57</sup>

Die heutige Assoziation mit dem Begriff *3D Kino* ist mit Filmen wie *Avatar* verbunden, bei denen man im Kino oder mittlerweile auch zu Hause vor dem Fernseher eine Brille trägt, um 3D-Effekte sehen zu können. „Is is important to recognize that the cinema has always been three dimensional because the new 3D cinema is not a revolution - rather it is part of an evolutionary process.“<sup>58</sup>

Unter *Stereoscopie* versteht man die Wiedergabe von Bildern mit einem räumlichen Eindruck von Tiefe. Dabei handelt es sich um zweidimensionale Abbildungen, die uns dieses Raumbild verschaffen. Aufgrund der Grundlage unseres Sehvermögens, durch den wir unsere Umgebung aus zwei

---

<sup>56</sup> Understanding the Importance of Matchmaking for Integrating CG Elements into Live-Action Footage, Mark Masters, 2013, <http://blog.digitaltutors.com/understanding-importance-matchmoving-integrating-cg-elements-live-action-footage/> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>57</sup> Siehe Digital Visual Effects in Cinema, Stephen Prince, Rutgers University Press 2012, S. 199.

<sup>58</sup> Siehe The VES Handbook of Visual Effects, Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman, Focal Press 2010, S. 387.

Blickwinkeln betrachten, nehmen wir auf diese Weise auch zwei verschiedene Perspektiven wahr. Das Prinzip der *Stereoskopie* befasst sich damit, in unseren Augen jeweils unterschiedliche Bilder aus leicht abweichenden Betrachtungswinkeln zu bringen. Dadurch wird eine viel höhere Tiefenwirkung im Bild erzeugt, wodurch der bekannte *3D Effekt* im Film entsteht. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, ein stereoskopisches Bild herzustellen. Die bekannteste Technik ist die Aufnahme mit einer speziellen Kamera aufzuzeichnen, die zwei Objektive im Abstand von sieben Zentimetern besitzt. In der Regel entspricht es unserem Augenabstand. Genauso könnte man auch mit einer normalen Kamera filmen. Dabei müssen die Bilder nacheinander geschossen werden, wobei das zweite Bild einen Abstand von 7cm zum ersten Bild haben muss. Es gibt auch eine dritte Variante, bei der sich mithilfe von Computerprogrammen aus dem herkömmlichen Bild das zweite Bild, welches für *Stereoscopy* benötigt wird, errechnen lässt. Dies ist eine kostengünstige Variante, wodurch sie oft bevorzugt wird.

Im Laufe der Zeit entwickelten sich verschiedene Techniken, um die Bilder, die man auf diese Weisen aufgenommen hat, so darzustellen, damit auch die Effekte bestmöglich dargestellt werden. Die bekanntesten Techniken sind *Farbanaglyphische Darstellung*, *Polfiltertechnik*, *Shuttertechnik* und *Dolby 3D*.

Bei der *farbanaglyphischen Darstellung* werden zwei einzelne Bilder übereinandergelegt, welche meist in den Farben, rot oder grün, eingefärbt sind. So sieht jedes Auge durch eine Farbfilterbrille das Bild in einer anderen Farbe. Im Gehirn entsteht das Bild mit einer großen Tiefenwirkung. Bei dieser Technik werden die Farben des Films verfälscht dargestellt, weshalb ihre Beliebtheit sehr gering ist.

Ein *Polarisationsfilter*, kurz *Polfilter*, trennt die horizontalen und vertikalen Anteile der Lichtwelle voneinander ab, sodass bei einem entsprechenden Filter das Licht nur noch horizontal oder vertikal orientiert ist. Dabei besteht die Brille aus zwei um 90° versetzten Filtern. Während der Projektor polarisiertes Licht abstrahlt, bekommt jedes Auge nur den Anteil ab, der dafür vorgesehen ist. Entscheidend ist hierbei die gerade Kopfhaltung bei der Betrachtung. Andererseits stimmt die Orientierung und damit die Kanaltrennung nicht mehr. Bei neueren Verfahren wie *RealD* wird zirkular polarisiertes Licht genutzt. Hier wird das Licht je ein Bild im Uhrzeigersinn und eins gegen den Uhrzeigersinn

polarisiert. So kann die Kanaltrennung auch bei einer Kopfneigung erhalten werden. Um das Licht nicht zu streuen und damit die Polarisation wieder aufzuheben, müssen bei dieser Technik Silberleinwände eingesetzt werden. Diese sind in der Regel sehr teuer.<sup>59</sup>

Bei der *Shuttertechnik* besteht die Brille aus der Kombination von Brillenglas und einem Flüssigkristallbildschirm. Hier werden die Bilder für jedes Auge nacheinander angezeigt. Das nicht betroffene Auge wird dabei mit Hilfe des sogenannten LC-Displays verdunkelt. Ein Infrarotsignal steuert die Brillen mit. Um das Gefühl des Flimmerns zu verhindern, nutzt dieses Verfahren oft mehr als 48 Bilder pro Sekunde. Diese Technik wird in modernen 3D-Displays für das Heimkino benutzt.<sup>60</sup>

Das Verfahren des *Dolby 3D* besteht aus der Installation eines speziellen Filters vor einer Projektorlinse, die das Licht in drei Farben aufteilt: rot, grün und blau. Jede dieser Farben wird für das Auge in zwei eigenen Wellenlängen getrennt. In der Brille sind Interferenzfilter eingebaut, die eine sehr strikte Trennung der Wellenlängen vornehmen.

Für die 3D Blu-rays spielt es keine Rolle, welche Darstellungstechnik vorgenommen wird.<sup>61</sup>

---

<sup>59</sup> Vgl. Lexikon: Stereoskopie, <http://www.bluray-disc.de/lexikon/stereoskopie> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>60</sup> Vgl. ebd.

<sup>61</sup> Vgl. ebd.



## 6. *Visual Effects* im US-Film *Interstellar*

Mit einem Produktionsbudget von etwa 165 *Millionen US-Dollar* und einem Einspielergebnis von über 675 *Millionen US-Dollar* ist der US-amerikanisch-britische Science-Fiction-Film *Interstellar* von *Christopher Nolan* aus dem Jahr 2014 nicht nur ein finanzieller Erfolg gewesen, sondern er bekam unter anderem einige Auszeichnungen für zahlreiche Awards in der Kategorie *Beste visuelle Effekte*. Dazu zählen der *Saturn Award 2015*, die *British Academy Film Awards 2015* und die *Oscarverleihung 2015*.

### 6.1. Handlung

Die Menschheit droht auszusterben, da die irdische Biosphäre in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts stark beschädigt ist. Die industrielle Zivilisation verliert mehr und mehr an Bedeutung. Stattdessen konzentrieren sich die Menschen vorwiegend auf die Produktion von Nahrungsmitteln. Allerdings wird deren Anbau aufgrund von sich schnell ausbreitenden Pflanzenkrankheiten, erosionsbedingten Staubstürmen und schlechten Umweltbedingungen immer schwieriger.

Obwohl die NASA offiziell nicht mehr existiert, weil großtechnische Aktivitäten wie die Raumfahrt als schädlich und zu teuer angesehen werden, operiert diese ohne des Wissens der Öffentlichkeit weiter. Vor 48 Jahren, bevor die Filmhandlung stattgefunden hat, wurde in der Nähe des Planeten *Saturn* ein Wurmloch entdeckt. Dieses führt in eine andere Galaxie zu einem Planetensystem in der Nähe eines Schwarzen Lochs. Zehn Jahre zuvor wurden im Rahmen einer Mission *Lazarus* zwölf Wissenschaftler durch das Wurmloch geschickt. Das Ziel der Mission war bewohnbare Planeten zu finden, damit die Menschen dort angesiedelt werden können. Die Zeitdilatation in der Nähe des Schwarzen Lochs ermöglicht nur rudimentäre Signale aus dem Wurmloch zu empfangen. Diese Daten wurden von drei Astronauten der *Lazarus-Mission* empfangen und deuten darauf hin, dass sie bewohnbare Planeten gefunden haben könnten.

Der Landwirt Cooper (Matthew McConaughey), ein ehemaliger Astronaut der NASA, bewirtschaftet nach dem Ende des Raumfahrtprogramms eine Maisfarm. Er hat eine zehnjährige Tochter namens *Murphy* (Mackenzie Foy,

Jessica Chastain), die glaubt, dass ein „Geist“ in ihrem Zimmer Botschaften hinterlässt. Diese Botschaften bestehen daraus, dass Dinge aus dem Regal von selbst herunterfallen. Während eines Sandsturms stößt *Cooper* zufällig auf diese Botschaften und interpretiert sie als *Binärcode*. Die unterschiedlich breiten Lücken im Bücherregal, aus dem Dinge von alleine runtergefallen sind, werden von *Murphy* als Morsezeichen gedeutet. Durch die binäre Botschaft liest *Cooper* Koordinaten heraus, welche ihn und seine Tochter zu dem geheimen NASA-Standort führen. Der Leiter der NASA, Professor *Brand* (*Michael Caine*), überredet *Cooper* dazu eine weitere Mission durch das Wurmloch an Bord des NASA-Raumschiffs *Endurance* zu leiten. Professor *Brand* ist der Meinung, dass derjenige, der diese Gravitationsanomalien erschaffen hat, mit der Intention handelt, dass *Cooper* die *Endurance* fliegt. Die neue Mission hat das Ziel, den Signalen der drei Astronauten *Miller*, *Mann* (Matt Damon) und *Edmunds* nachzugehen und zu überprüfen, ob einer oder mehrere der entdeckten Planeten tatsächlich für das Leben der Menschen geeignet sind.

Seit Jahrzehnten arbeitet Professor *Brand* an einer Theorie, mit der er die Menschheit retten will. Er versucht, die Quantenphysik und die Gravitation miteinander zu vereinen, damit man die Gravitation manipulieren kann und somit eine große Zahl von Menschen mithilfe einer bereits gebauten Raumstation zu dem Wurmloch transportieren kann, um schnell zu einem der neuen Planeten zu gelangen und diesen zu besiedeln. Da diese Theorie von Professor *Brand* bislang noch nicht vollendet wurde, gibt es keine Garantie dafür, dass der erdachte Plan A funktioniert. Für den Notfall gibt es einen Plan B, der lediglich vorsieht, tiefgefrorene befruchtete menschliche Eizellen zu einem neuen Planeten zu bringen, damit dort eine neue Population der Menschen aufgebaut werden kann. Diese Eizellen werden in der *Endurance* mitgeführt.

Trotz der Bitte seiner Tochter dazubleiben, ist *Cooper* bereit die *Endurance* zu fliegen, aber nur unter der Voraussetzung, dass Professor *Brand* seine Theorie vollenden kann und Plan A auf jeden Fall umgesetzt wird, sodass *Coopers* Familie gerettet werden kann. Der „Geist“ in ihrem Zimmer bekräftigt *Murphys* Bitte an ihren Vater mit der Botschaft: „bleib“. *Murphy* weigert sich, sich von ihrem Vater zu verabschieden und hält auch später im Vergleich zu seinem Sohn *Tom* (Timothée Chalamet, Casey Affleck) keinen Kontakt zu *Cooper* in

Form von Videobotschaften. Auf der Mission wird *Cooper* von *Brands* Tochter *Amelia* (Anne Hathaway), den zwei Wissenschaftlern *Romily* (David Gyasi) und *Doyle* (Wes Bentley) sowie von zwei Robotern *TARS* und *CASE*, die von einer künstlichen Intelligenz gesteuert werden, begleitet.

Der erste Planet befindet sich in der Nähe des Schwarzen Lochs *Gargantua*. „Wegen der gravitationsbedingten Zeitdilatation entspricht eine Stunde auf dem Planeten sieben Jahren außerhalb des unmittelbaren Einflussbereichs der Gravitation des Schwarzen Lochs.“<sup>62</sup> Während *Romilly* im Schiff zurückbleibt, begeben sich *Cooper*, *Amelia* und *Doyle* mit einem Shuttle auf den Planeten vom damaligen Astronauten *Miller* und damit auch in den Einflussbereich der Zeitdehnung. Die Oberfläche des Planeten ist kniehoch mit Wasser bedeckt. Von *Millers* Raumschiff sind nur Trümmerteile zu finden. Kurz darauf finden die drei Astronauten heraus, dass die Oberfläche oft mit sehr hohen Wellen überzogen wird. Als *Cooper* eine herannahende Welle bemerkt, versucht *Amelia* noch schnell einen Datenträger von *Miller* zu bergen. Eingequetscht von einem Trümmerteil muss Sie vom Roboter *CASE* gerettet werden. Während die beiden es rechtzeitig ins Shuttle schaffen, wird *Doyle* von einer Welle weggespült. *Cooper* und *Amelia* schaffen es noch rechtzeitig abzuheben bevor eine weitere Welle das Schiff trifft. Im Mutterschiff angekommen, sind dort derweil 23,5 Jahre vergangen. *Romilly* verbrachte ein Teil der Zeit im Kälteschlaf und die übrige Zeit studierte er das Schwarze Loch.

*Murphy* ist mittlerweile genauso alt wie ihr Vater damals, als der seine Mission angetreten hat. Sie arbeitet seit langem mit Professor *Brand* zusammen. Kurz vor seinem Tod gesteht *Brand*, dass er schon vor Jahrzehnten erkannt hatte, dass seine Theorie nicht vollendet werden kann. Damit die Menschen als Spezies durch Plan B überleben können, hat er dies geheim gehalten. Nur *Dr. Mann*, einer der Astronauten von der *Lazarus-Mission*, wusste Bescheid, dass Plan A nur eine Täuschung war. Somit ist *Cooper* die Mission unter falschen Voraussetzung angetreten. Dies hat er von *Murphy* über eine Videobotschaft durch das Wurmloch erfahren.

Der nächste Planet, den die *Endurance* ansteuert, der damals von *Dr. Mann* entdeckt wurde und laut seinen gesendeten Daten für ein Leben geeignet war,

---

<sup>62</sup> Siehe Cine Hits, Interstellar, Inhaltsangabe, <http://www.cinehits.de/film/8757> (letzter Besuch: 06.06.2016).

erwies sich ebenfalls als eine Täuschung. *Dr. Mann*, der im Kälteschlaf überlebt hat und von *Cooper* aufgeweckt wird, hatte mit Absicht die falschen Daten gesendet, um gerettet zu werden. Nach diesem Geständnis versucht *Dr. Mann* *Cooper* zu töten. Dies gelingt ihm nicht, jedoch stirbt *Romilly* durch *Manns* Verschulden. *Dr. Mann* flieht alleine mit seinem Shuttle zur *Endurance* und kommt bei dem Versuch dort manuell anzudocken ums Leben. Dabei wird das Schiff stark beschädigt. *Cooper* und *Amelia* gelingt es trotzdem mit ihrem Shuttle an die *Endurance* anzudocken und diese wieder unter Kontrolle zu bringen.

Die beiden beschließen den dritten Planeten anzusteuern. Aufgrund des Treibstoffmangels kann der Planet nur mittels eines *Swing-by-Manövers* um *Gargantua* erreicht werden. Außerdem müssen während des Manövers zwei Shuttles abgestoßen werden, damit die erforderliche Geschwindigkeit erreicht werden kann. An Bord der Shuttles befinden sich jeweils die zwei Roboter. *Cooper* und der Roboter *TARS* lassen *Amelia* alleine in der *Endurance* auf dem Weg zum Planeten und dringen mit ihren Shuttles in den Ereignishorizont von *Gargantua* ein. Sie werden aber nicht durch die Gezeitenkraft des Schwarzen Lochs zerrissen, sondern „[...] sie finden sich in einem riesigen *Tesseract* wieder, in dem *Coopers* Tochter *Murphy* und ihr Zimmer im Farmhaus unendlich gespiegelt sind.“<sup>63</sup> Die Spekulationen von *Cooper* ergeben, dass der *Tesseract* und das Wurmloch von den Menschen der Zukunft erschaffen wurden, die sich zu fünfdimensionalen Wesen weiterentwickelt haben und sich somit durch die Zeit bewegen können.

Im *Tesseract* ist die Kommunikation nur in eine Richtung durch eine indirekte Manipulation der Schwerkraft möglich und stellt somit die einzige Möglichkeit für *Cooper* mit seiner Tochter zu kommunizieren. Ihm wird klar, dass er selbst der „Geist“ in *Murphys* Zimmer gewesen ist. Er existiert mit seinem Jetzt gleichzeitig in der Zukunft als auch an verschiedenen Punkten in der Vergangenheit. Er übermittelt somit die Botschaften, die die zehnjährige *Murphy* empfangen hat. Mit der damaligen Botschaft „bleib“ versucht *Cooper* sich quasi selbst davon abzuhalten, die Mission anzutreten, weil er weiß, dass er von Professor *Brand* getäuscht worden ist und er davon ausgeht, dass seine Familie nicht gerettet

---

<sup>63</sup> Siehe Cine Hits, Interstellar, Inhaltsangabe, <http://www.cinehits.de/film/8757> (letzter Besuch: 06.06.2016).

werden kann und er diese niemals wieder sehen wird. Doch dann kommt eine Meldung des Roboters *TARS* mit der Nachricht, dass er die Daten gesammelt habe, die zur Vervollständigung von *Brands* Theorie notwendig waren. „[Cooper übermittelt] [d]er erwachsenen Murphy [...] schließlich über den Sekundenzeiger einer Armbanduhr, die er ihr vor seinem Weggang geschenkt hatte im Morse-Alphabet die für die Vereinheitlichung von Relativität und Quantenphysik notwendigen Daten, die *TARS* mit Messungen im Innern des Schwarzen Lochs gewonnen hatte.“<sup>64</sup> Somit kann *Murphy* Relativität und Quantenphysik lösen und die Menschen von der Erde evakuieren. *Cooper* und *TARS* standen am Eingang des Wurmlochs im Sonnensystem.

Als *Cooper* im Krankenbett zu sich kommt, befindet er sich auf einer großen Raumstation in der Nähe des Saturns. Zwar ist auf seiner Reise wenig Zeit vergangen, doch Laut den Ärzten ist der inzwischen 124 Jahre alt, da so viel Zeit auf der Erde vergangen ist. Nun ist es möglich die Gravitation zu manipulieren, weil die Relativität und Quantenphysik vereinheitlicht worden sind. Es war für sehr viele Menschen möglich die Erde zu verlassen und auf Raumstationen im All zu leben. *Coopers* Tochter ist inzwischen über 90 Jahre alt und befindet sich auf einer Station. Die Station, auf der *Cooper* aufwachte, wurde nach seiner Tochter benannt. Umgeben von ihren Nachkommen, liegt *Murphy* bereits im Sterbebett, als *Cooper* sie endlich wieder sieht. Er erhält die Gelegenheit, sich von seiner Tochter zu verabschieden und diese schickt ihn zu *Amelia*, die alleine auf *Edmunds' Planet* ist.

*Cooper* stiehlt ein Raumschiff und fliegt zusammen mit dem Roboter *TARS* zu *Edmunds' Planet*. Zum Schluss sieht man *Amelia* „[...] ohne Helm in einer kargen Landschaft beim Grab von Edmunds, dann geht sie zu einer Unterkunft, die in der Zwischenzeit errichtet wurde. *Edmunds' Planet* weist - im Gegensatz zu denen von *Miller* und *Mann* - günstige Bedingungen auf und erlaubt es wahrscheinlich, als neue Heimstätte der Menschheit zu dienen.“<sup>65</sup>

---

<sup>64</sup> Vgl. Cine Hits, *Interstellar*, Inhaltsangabe, <http://www.cinehits.de/film/875Z> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>65</sup> Siehe ebd.

## 6.2. Wissenschaft in Interstellar

Die Raumfahrt war schon immer ein fester Bestandteil von Filmen. Das sieht man beispielsweise an Filmen wie *Die Reise zum Mond* von *George Méliés*, *Star Wars* von *George Lucas* oder auch *2001: A Space Odyssey* von *Stanley Kubrik*. Doch die Entstehungsgeschichte von *Interstellar* ist bis dato einzigartig.

„Der Film *Interstellar* beschäftigt sich mit Physik, die gut etabliert ist und verstanden wird. Eine Physik, bei der wir wohl begründete Vermutungen anstellen und uns fast sicher sind, aber nicht 100% sicher.“ (Kip Thorne)<sup>66</sup> Die Handlung basiert auf physikalischen Gesetzen, die im Film eine sehr wichtige Rolle für die Rettung der Menschheit spielen. Zur möglichst guten theoretischen Absicherung der Kniffe der Handlung um die Thematik der Wurmlöcher, Schwarze Löcher und Zeitreisen, wurde *Christopher Nolan* von *Kip Thorne*, einer „Legende der theoretischen Physik“<sup>67</sup> von der frühzeitigen Entwicklung des Drehbuchs bis zur endgültigen Produktion des Films unterstützt. „Kip was our scientific advisor and executive producer. I already knew about him because I am a big fan of those Sort of things, and he is one of the great astrophysicists of the modern era [...]“<sup>68</sup> Der seltene Anspruch an Realismus war *Christopher Nolan* von einem sehr hohem Stellenwert, denn „[...] die Kritiker im Netz [richten] einen besonders strengen Blick auf das Ergebnis [...]“.<sup>69</sup>

Das Wurmloch, welches, wie ein Portal, Sprünge ans andere Ende des Universums ermöglicht, wurde allgemein positiv aufgenommen und für die realistische Darstellung sogar gelobt. Allerdings sehen die Kritiker einige andere Probleme.

Der Astronom und Blogger *Phil Plait* äußerte sich auf der Webseite *Slate* zu der Szene auf dem ersten Planeten, im Film bekannt als *Millers Planet*, dessen Oberfläche kniehoch mit Wasser bedeckt ist. Dieser hat 130 Prozent der Erdanziehungskraft und befindet sich am Rande des Schwarzen Lochs. Dabei merkt *Plait* an, dass die Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie

---

<sup>66</sup> Siehe Siehe Bly-Ray *Interstellar*, Specials, TC 00:27:10.

<sup>67</sup> Siehe Zeit Online, Knackpunkt ist der Charakter des Schwarzen Lochs, Philipp Hummel, 19.11.2014, <http://www.zeit.de/wissen/2014-11/interstellar-physik> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>68</sup> Space, 'Interstellar' Visions: Space Epic's Amazing Special Effects Explained, Rod Pyle, 23.12.2014, <http://www.space.com/28090-interstellar-movie-special-effects-paul-franklin.html> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>69</sup> Siehe Cine Hits, *Interstellar*, Inhaltsangabe, <http://www.cinehits.de/film/8757> (letzter Besuch: 06.06.2016).

vorschreiben, eine stabile Umlaufbahn in der Nähe des Schwarzen Loches müsse mindestens dreimal so groß sein, wie das Schwarze Loch selbst: „[...] the minimum stable orbit around a black hole must be at least three times the size of the black hole itself.“<sup>70</sup> Somit könne der Wasserplanet gar nicht so eng um das Schwarze Loch kreisen, wie im Film dargestellt wird. Außerdem spricht *Plait* den problematischen Punkt der Gezeitenkräfte auf dem Planeten an. Eine Seite des Planeten ist näher am Schwarzen Loch, als die andere. Die Gravitation ändert sich mit dem Abstand. Das impliziert, dass je weiter man sich von der Quelle entfernt, desto weniger spürt man die Gravitation. Durch die Position des Planeten, der sich so nah am Schwarzen Loch befindet, würde dieser aufgrund von sehr großen Kräftewirkungen sofort in Bruchteile zerschmettert werden. Unter diesen Umständen kann der Planet nicht existieren.<sup>71</sup> Die selbe Problematik spricht auch der Astrophysiker *Roberto Trotta* auf der Seite *The Guardian* an.<sup>72</sup> Darüber hinaus thematisiert er die Röntgenstrahlung, die von der sogenannten *Akkretionsscheibe* aus Staub und Gas um ein Schwarzes Loch ausgeht. Diese sei so gewaltig, dass niemand überleben würde.<sup>73</sup> Außerdem betont Dr. Trotta, dass wenn man sich in der Nähe eines Schwarzen Lochs aufhält die Gravitation an den Füßen viel größer sei, als die am Kopf, sodass der Körper lang gezogen wird. Dies bezeichnet Dr. Trotta als *Spaghettisierung*: „[...] so you get spaghettified, stretched out, like a piece of spaghetti, into a filament of matter.“<sup>74</sup>

Auf diese und weitere Kritiken der Physiker weist *Kip Thorne* in seinem Buch *The Science of Interstellar* hin, in dem er detailliert über die im Film thematisierte Wissenschaft schreibt. So äußert sich *Thorne* zu *Ben P. Stein*, dem Director von der Website *Inside Science*, dass man in dem Buch die nötigen Antworten auf physikalische Unklarheiten im Film findet. „Much of the science underpinning what you see in the movie is far from obvious, until one

---

<sup>70</sup> Siehe Slate, Interstellar Science, Phil Plait, 09.11.2014, [http://www.slate.com/articles/health\\_and\\_science/space\\_20/2014/11/interstellar\\_science\\_review\\_the\\_movie\\_s\\_black\\_holes\\_wormholes\\_relativity.single.html](http://www.slate.com/articles/health_and_science/space_20/2014/11/interstellar_science_review_the_movie_s_black_holes_wormholes_relativity.single.html) (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>71</sup> Vgl. ebd.

<sup>72</sup> Vgl. The Guardian, The science of Interstellar: astrophysics, but not as we know it, Dr. Roberto Trotta, 05.11.2014, <http://www.theguardian.com/film/filmblog/2014/nov/05/interstellar-astrophysics-does-space-science-work-out> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>73</sup> Vgl. ebd.

<sup>74</sup> Siehe ebd.

reads my book.“<sup>75</sup> Seinen Kapiteln teilt *Throne* eine Plausibilität zwischen „wahr“, über „wohlbegründete Vermutung“ hin zu „spekulativ“ zu.<sup>76</sup>

Der Charakter des Schwarzen Lochs *Gargantua* in *Interstellar* ist der Punkt, der die Kritik von *Phil Plait* und *Roberto Trotta* nichtig macht. Laut des Buches *The Science of Interstellar* ist *Gargantua* ein rotierendes Schwarzes Loch, welches die 100-millionenfache Masse der Sonne besitzt. Es rotiert mit 99,8 Prozent der Lichtgeschwindigkeit und liegt 10 Milliarden Lichtjahre von der Erde entfernt. Da die Masse von *Gargantua* im Gegensatz zu einem ruhenden Schwarzen Loch um sich selbst rotiert, krümmt es nicht nur die Dimensionen ins Extreme, sodass nichts entfliehen kann, was dem zu nahe kommt, sondern setzt die umgebende Raumzeit gleichzeitig in Rotation. Dies hat Auswirkungen auf die Geschehnisse des Planeten in der Nähe, wie beispielsweise auf den Wasserplaneten in *Interstellar*, wodurch die Kritik der oben genannten Physiker zusammenfällt. „Die Allgemeine Relativitätstheorie stützt die Vorstellungen aus dem Film. Alles basiert darauf, ein rotierendes Schwarzes Loch zu verwenden, es ist das eigentliche Zentrum der Handlung!“<sup>77</sup>

Auch die erwähnte Röntgenstrahlung der heißen Staubscheibe wurde laut des Beitrags von *Philipp Hummel* auf *Zeit Online* in *Thorne's* Buch erklärt: „Gargantuas Scheibe hat eine geringe Dichte und eine niedrige Temperatur - nur etwa so hoch wie die der Sonne. Sie befindet sich in einem Ruhezustand, sodass ihre Röntgenstrahlung so gering ist, dass die Crew überleben könnte.“<sup>78</sup> *Plait* äußerte sich mit einem weiteren Beitrag auf der Website *Slate*, dass er unter falschen Voraussetzungen seine Kritik geäußert habe, denn er sei von einem ruhenden schwarzen Loch ausgegangen. „It's actually a big but subtle one, and I'm kicking myself for not thinking of it.“<sup>79</sup>

---

<sup>75</sup> Insidescience, Were Online Critics Too Harsh With Interstellar's Science?, Ben P. Stein, 14.11.2014, [https://www.insidescience.org/blog/2014/11/14/were-online-critics-too-harsh-interstellars-science?utm\\_medium=twitter&utm\\_source=twitterfeed](https://www.insidescience.org/blog/2014/11/14/were-online-critics-too-harsh-interstellars-science?utm_medium=twitter&utm_source=twitterfeed) (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>76</sup> Vgl. Zeit Online, Knackpunkt ist der Charakter des Schwarzen Lochs, Philipp Hummel, 19.11.2014, <http://www.zeit.de/wissen/2014-11/interstellar-physik> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>77</sup> Siehe ebd.

<sup>78</sup> Siehe ebd.

<sup>79</sup> Siehe Slate, Follow-Up: Interstellar Mea Culpa, Phil Plait, 09.11.2014, [http://www.slate.com/blogs/bad\\_astronomy/2014/11/09/interstellar\\_followup\\_movie\\_science\\_mistake\\_was\\_mine.html](http://www.slate.com/blogs/bad_astronomy/2014/11/09/interstellar_followup_movie_science_mistake_was_mine.html) (letzter Besuch: 06.06.2016).



Auch viele weitere scheinbare Unstimmigkeiten werden in dem Buch von *Kip Thorne* gedeutet und erklärt. Unter anderem auch Fragen nach der Antriebstechnik der Raumschiffe oder des Ursprungs der Getreideseuche.

Ob Interstellar die Physik realistisch abbildet, kann aufgrund des jetzigen Standes der Wissenschaft nicht eindeutig festgestellt werden. Allerdings basiert dieser Film, wie kein anderer, auf so vielen wissenschaftlichen Fakten. „Vermutlich hat sich noch nie jemand so viele Gedanken über stimmige Wissenschaft in einem Film gemacht wie Thorne.“<sup>80</sup>

### 6.3. Zusammenfluss von *Visual Effects* und Wissenschaft

Allein das Genre *Science-Fiction* verspricht dem Zuschauer den Einsatz von *Visual Effects*. Doch dieser Einsatz muss strikt durchdacht und sinnvoll eingesetzt werden. Andernfalls würden sogar gut umgesetzte Effekte alles andere als beeindruckend wirken. Wie bereits erwähnt, war dem Regisseur *Christopher Nolan* der seltene Anspruch an Realismus von besonders hoher Wichtigkeit. Der Film sollte die zukünftige Realität zeigen und nichts übernatürliches beinhalten. Daher engagierte er den bereits oben genannten Physiker *Kip Thorne*, der in erster Linie darauf achten musste, dass der Film samt den Effekten und den physikalischen Gesetzen, die in der Realität gelten sich nicht widerspricht.

Das Ziel der gemeinsamen Arbeit von dem *VFX-Supervisor Paul Franklin* und *Kip Thorne* war die Erschaffung von *Schwarzen Löchern*, *Wurmlöchern* und vielen weiteren Phänomenen im Universum. Mithilfe der Kombination aus Wissenschaft und *Visual Effects* sollte der Weltraum im Film dem realen Weltraum möglichst genau entsprechen, sodass die Handlung des Films dem Zuschauer auf eine perfekte Art und Weise präsentiert werden kann. „The duo worked with a multitude of other dedicated folks to get the science and visual presentation of black holes, wormholes and other cosmetic phenomena right - or as right as possible, given the narrative constraints of a sci-fi blockbuster.“<sup>81</sup> Die genaue Repräsentation dieser Wunder im Weltraum war auch deshalb für

---

<sup>80</sup> Siehe Zeit Online, Knackpunkt ist der Charakter des Schwarzen Lochs, Philipp Hummel, 19.11.2014, <http://www.zeit.de/wissen/2014-11/interstellar-physik/seite-2> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>81</sup> Siehe Space, 'Interstellar' Visions: Space Epic's Amazing Special Effects Explained, Rod Pyle, 23.12.2014, <http://www.space.com/28090-interstellar-movie-special-effects-paul-franklin.html> (letzter Besuch: 06.06.2016).

*Kip Throne* sehr wichtig, denn es wäre die erste dieser Art, die so in einem Science-Fiction-Film dargestellt wird.<sup>82</sup>

Die gemeinsame Arbeit von *Visual Effects* und Wissenschaft in *Interstellar* setzt neue Maßstäbe in der Produktion eines Film. Zum einen durchläuft die VFX Branche einen Wandel, der auch im Sinne der Mitarbeiter ist, beispielsweise das Arbeiten mit mathematischen Gleichungen. Zum anderen erhält auch der Beruf des Wissenschaftlers und des Forschers eine zunehmend wichtigere Bedeutung in der modernen Filmproduktion. Dieser Zusammenfluss der Kreativität und der Wissenschaft erschafft packende Effekte, was durch den Film *Interstellar* besonders deutlich wird.

#### 6.4. Vorgang der Umsetzung der *Visual Effects*

Die Entwicklung der Visual Effects ist mittlerweile an einem Punkt angelangt, an dem es keine großartigen Neuerungen mehr gibt. Denn es ist heutzutage möglich mit der vorhandenen Technik und den präzise ausgearbeiteten Verfahren alles bewerkstelligen zu können, was einem an Kreativität einfällt. Diese werden in Situationen benutzt, wo man sie braucht. Dennoch ist es nicht immer ganz einfach, das Publikum von der Realität des Films zu überzeugen. Vor allem in einem Science-Fiction-Film, wie *Interstellar*, welcher der zukünftigen Realität entsprechen soll. Daher muss man auch andere Tricks beherrschen. „Für *Interstellar* wollen wir versuchen, zeitlose Techniken zu benutzen. Wir wollten visuelle Effekte kreieren, die zeitlos waren.“<sup>83</sup> (Christopher Nolan)

Für *Paul Franklin* war die Umsetzung dieser Effekte ohne den unbegrenzten Zugriff auf künstlerische Freiheit anfangs einer sehr großen Herausforderung. Das Erschaffen von Bildern, die sich außerhalb unserer Dimension befinden und dabei zu achten, dass die Gesetze der *Quantenphysik* und der *Relativitätstheorie* nicht verletzt werden, sowie dem Zuschauer gut vermittelt werden, ist eine große Leistung. Doch wie *Franklin* es im Laufe der Arbeit bemerkt hat, erwies sich die Wissenschaft als eine große Hilfe: „Kip got us the

---

<sup>82</sup> Vgl. Space, 'Interstellar' Visions: Space Epic's Amazing Special Effects Explained, Rod Pyle, 23.12.2014, <http://www.space.com/28090-interstellar-movie-special-effects-paul-franklin.html> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>83</sup> Siehe Blu-Ray, *Interstellar*, Specials, Miniaturen im All, TC: 00:00:30.

three-dimensional mathematics behind these things, and we were able to turn this into software that could accurately calculate all the lightray paths around these objects, to show how they disort space and create these vast gravitational lenses [...]"<sup>84</sup>.

#### 6.4.1. Das Wurmloch

Eine gängige Darstellung eines Wurmlochs entspricht einem Loch im Weltall, dessen Sitz sich auf der Oberfläche befindet, hierdurch Gegenstände hinuntergleiten und verschwinden sieht. Doch laut *Kip Thorne* ist dies eine komplett falsche Vorstellung eines Wurmlochs. Ein Wurmloch ist seiner Meinung nach zwar ein Loch, aber in einem dreidimensionalen Raum betrachtet ist es eine Kugel. Der Aspekt, welches Erscheinungsbild noch spektakulärer macht, ist die Verzerrung des Raums, wodurch die Gravitationswirkung erzeugt wird. Das Licht scheint hindurch und wird auf gleiche Weise gebrochen. Ein Beispiel dafür wäre ein normales Zimmerlicht, welches durch die Linse einer Brille strahlt. Die *VFX-Artists* könnten eine derartige Kugel kreieren und gebrochenes Licht einbauen. Doch für eine genaue Darstellung eines Wurmlochs war das Wissen notwendig, wie die Wege der Lichtstrahlen berechnet werden, die durch diesen verzerrten Raum um das Wurmloch scheinen. Da es kein natürliches Vorkommen eines Wurmlochs gibt, ist die Vorstellung des Erscheinungsbildes erschwert, vor allem unter der Beachtung der Regeln des Universums. „Die Herausforderung war schon immer, ob Wurmlöcher tatsächlich im einheitlichen Universum existieren können. [...] [und] wenn sie existieren, können sie das auf natürliche Weise?“<sup>85</sup> (*Kip Thorne*) Für den Film erarbeitete *Kip* die Definition des Wurmlochs anhand einer wissenschaftlichen Gleichung. Diese bildete ein mathematisches Modell basierend auf *Einsteins Relativitätsgleichungen*. Somit war eine Simulation nach genauer Vorgabe der Zahlen möglich. (Abb.1) Dabei ist die Arbeit mit Algorithmen für die *VFX-Artists* nicht nur neuartig und revolutionär, sondern auch von großem Interesse gewesen. Auch die Größe des Wurmlochs konnte nicht nach Belieben festgelegt werden. Diese musste ebenfalls genau

---

<sup>84</sup> Siehe Blu-Ray, Interstellar, Specials, Miniaturen im All, TC: 00:00:30.

<sup>85</sup> Siehe Blu-Ray, Interstellar, Specials, Astronomische Orientierungshilfen TC 00:03:44.

berechnet werden. Im Film entdecken erstmals die Teleskope auf der Erde das Wurmloch. Dies tritt als eine gravitationsbedingte Anomalie in Erscheinung, die die Ansicht des Weltalls verzerrt. Das Wurmloch sollte also gerade groß genug sein, „[...] dass es von der Erde aus durch die Lichtkrümmung am gekrümmten Raum des Wurmlochs gesehen werden kann.“<sup>86</sup> (Kip Thorne) Mithilfe von *Einsteins* Gleichungen berechnete Kip auch die richtige Gravitation dafür.

#### 6.4.2. Das Schwarze Loch *Gargantua*

*Albert Einstein's Relativitätsgleichungen* sagten die Schwarzen Löcher voraus, jedoch die Physiker zweifelten an ihrer Existenz. Diese Vorstellung ist sehr schwer nachvollziehbar, denn die Oberfläche eines Schwarzen Lochs besteht aus gekrümmtem Raum und gekrümmter Zeit. Aufgrund der großen Schwerkraft kann das, was dort hineinfällt, nie wieder herauskommen. Das gilt auch für das Licht. Selbst Signale können nicht mehr gesendet werden. „Schwarze Löcher sind einfach und trotzdem haben sie viel Charakter. Es ist fast, als hätten sie eine Persönlichkeit. Sie können wählerisch sein. Sie können energetisch sein. Und was man sieht und erklärt, ist die Interaktion des schwarzen Lochs mit der Umgebung.“ (Andrea Ghez)<sup>87</sup> Andrea Ghez, Astronomin der UCLA (University of California, Los Angeles) erforschte die Vermutung vieler Astronomen, dass sich ein riesiges Schwarzes Loch im Zentrum unserer Galaxie, der *Milchstraße*, befindet. Erdgebundene Teleskope konnten keine scharfen Bilder erzeugen, doch eine neue Technik namens *Adaptive Optik* verbesserte deutlich die Sicht.<sup>88</sup> Somit konnte nach 20 Jahren Arbeit bewiesen werden, dass es sich tatsächlich um ein massives Schwarzes Loch im Zentrum der *Milchstraße* handelt. Dieses hat die vierfache Masse unserer Sonne. Mit neuen Techniken konnten die Astronomen heutzutage viele weitere schwarze Löcher finden und feststellen, dass jede Galaxie mindestens ein Schwarzes Loch besitzt.<sup>89</sup> Doch das äußerliche Erscheinungsbild eines Schwarzen Loches konnte bisher trotz großen technischen Fortschritts nicht

---

<sup>86</sup> Siehe Blu-Ray Interstellar, Specials, TC 00:28:40.

<sup>87</sup> Siehe ebd. TC 00:20:25.

<sup>88</sup> Vgl. ebd. TC 00:20:30.

<sup>89</sup> Vgl. ebd. TC 00:20:40

ermittelt werden. Deshalb mussten *Kip Thorne* und *Paul Franklin* für *Interstellar* aus den bereits bekannten Informationen über Schwarze Löcher das Erscheinungsbild von *Gargantua* selbst gestalten. Eins war von Anfang an sicher: Das Schwarze Loch soll kugelförmig und zur Gänze schwarz dargestellt werden. Es soll überhaupt keine Oberflächeneigenschaften besitzen.<sup>90</sup> Die Auseinandersetzung mit der *Akkretionsscheibe* eines Schwarzen Lochs ermöglichte die Definition der Kugelform des Lochs. Diese besteht aus Gas, Staub sowie Magnetfeldern und dreht sich sehr schnell. Dabei wird Licht und Hitze ausgestrahlt. Durch die Schwerkraft des Schwarzen Lochs wird dieses Licht gekrümmt und sieht schließlich einem Kameraobjektiv ähnlich. (Abb.2) Dies konnte *Kip* mit einkalkulieren. „Ich erarbeitete die Gleichung, um das Licht zu verfolgen, das um das schwarze Loch kreist und um zu sehen, wie die Scheibe von einem Raumschiff aus betrachtet aussehen würde.“<sup>91</sup> (*Kip Thorne*) Aus den mathematischen Gleichungen entstanden wiederum spektakuläre Bilder, die von den *VFX-Artisten* erschaffen wurden. Es ergab sich eine sehr genaue Darstellung der Gravitationslinse und der Effekte der Schwerkraft als auch des Lichts um das Schwarze Loch herum. Doch was sich im Inneren des Schwarzen Lochs befindet, konnte diese Darstellung nicht wiedergeben. Die große Frage bei der Produktion war, was mit Astronauten passieren würde, wenn diese in das Schwarze Loch eingezogen werden würden. Eine plausible wissenschaftliche Antwort wäre, dass die Körper lang gezogen und gleichzeitig von einer Gezeitenkraft zusammengedrückt werden. Dieses Phänomen ist auch unter dem Begriff *Spaghettisierung* bekannt. Das war auch der Kritikpunkt von *Roberto Trotta* (siehe Punkt 5.2. Wissenschaft in *Interstellar*) an dem Film. Doch *Interstellar* ist ein Film, der sich in einer Grauzone bewegt, wo die Wissenschaftler bisher nur spekulieren können. Sie wissen aber heute, dass die Zeit im Inneren des schwarzen Lochs in Richtung Zentrum fließt, weshalb auch dem Loch nichts entfliehen kann, denn nichts kann rückwärts durch die Zeit gehen. Das Zentrum bildet eine Stelle, wo der Raum unendlich verzogen wird. Deshalb ist es unklar, was dort geschieht. Für einen Film ist es perfekt, denn somit können hierdurch neue Ideen entstehen und die Natur des Weltalls kann

---

<sup>90</sup> Vgl. Blu-Ray *Interstellar*, Specials, TC 00:22:08.

<sup>91</sup> Siehe ebd. TC 00:25:06.

hinterfragt werden. „Die Wahrheit ist, dass alle physikalischen Gesetze, die wir kennen, in Herzen eines schwarzen Lochs versagen.“<sup>92</sup>(Kip Thorne)

### 6.4.3. Der Tesseract

Der Versuch, das Innere des Schwarzen Lochs zu visualisieren und zu erklären, tritt am Ende des Films in der Form des *Tesseract*s auf. Es ist ein kompliziertes Design, das wahrscheinlich bei einigen Zuschauern für Verwirrung gesorgt hat. „Ich denke nicht, dass die Zuschauer diese Komplexität, während des Films begreifen, denn es basiert auf dem Konzept der Unterdrückung der vierten Dimension und die Zeit für eine der vier Dimensionen zu ersetzen. Eine Anordnung zu erschaffen, die Zeit als eine vierte Dimension wiedergibt.“<sup>93</sup> (Christopher Nolan) Eine komplexe mathematische Lösung und deren Umsetzung durch die *VFX-Artists* sollte das Konzept visualisieren und verständlich darstellen. *Paul Franklin* beschreibt den *Tesseract* als einen dreidimensionalen Schatten eines vierdimensionalen Hyperwürfels, der offengelegt wird. „Wenn man sich einen Würfel vorstellt und den aufklappen würde, hätte man 6 Platten, die jeweils in etwa die Form eines Kreuzes hätten. Ein Tesseract ist das Gleiche. Aber anstatt der flachen Platten, wäre jede der Seitenflächen des Tesseracts ein dreidimensionaler Würfel.“<sup>94</sup> (Paul Franklin) Der *Tesseract* im Film zeigt für *Cooper* nur das Schlafzimmer seiner Tochter. Er sieht es zu verschiedenen Zeitpunkten. Da er sich außerhalb von Raum und Zeit befindet, kann er weder zurück in die Vergangenheit reisen, noch mit dem, was er sieht, kommunizieren. Die einzige Möglichkeit zur Kommunikation besteht darin, Hinweise in das Zimmer zu schicken. Dies funktioniert, weil er die Weltlinien oder Stränge im *Tesseract* bewegen kann. Somit wird eine Welle über die Strenge gesendet, die in das Zimmer eindringt und die Objekte im Raum beeinflusst, wie zum Beispiel die herunterfallenden Bücher aus dem Regal in *Murphy's* Zimmer. *Einstein* zufolge stellt dies die Schwerkraft dar, die den Film als sinnvoll wirken lässt. Denn unter Schwerkraft wird eine Welle

---

<sup>92</sup> Siehe Blu-Ray Interstellar, Specials, TC 00:26:40.

<sup>93</sup> Siehe Blu-Ray, Interstellar, Specials, Durch die Dimensionen und die Zeit, TC: 00:00:29.

<sup>94</sup> Siehe ebd., TC: 00:01:23.

verstanden, die sich durch Raum und Zeit ausbreitet.<sup>95</sup>

Umgesetzt wurde das ganze Konzept durch den Bau eines sehr großen Sets. Der *Tesseract* wurde samt den langgezogenen Objekten wie Möbel, Bücher, Fenster, etc. im Modell nachgebaut. (Abb.3)

#### 6.4.4. Die Raumschiffe

Für das Design der Raumschiffe beriefen sich die Filmemacher direkt auf die NASA also die Raumstation, das Shuttle, der Ranger und dessen Technologien der Wirklichkeit exakt entsprechen.

Die *Endurance* sollte bausteinförmig aussehen, sodass kleinere Teile bei anderen Missionen und in der Schwerelosigkeit bei niedriger Erdumlaufbahn weggeschleudert werden können.<sup>96</sup>

Jedes Detail der *Endurance* und der kleineren Raumschiffe wurden samt ihrer Form und allen anderen Einzelheiten genau überlegt und diskutiert, bevor es umgesetzt wurde. Gestaltet wurde die *Endurance* so, als wäre diese ein echtes Raumschiff, welches gebaut werden soll, um ins Weltall befördert zu werden. Das Schiff sollte für die Körper der Astronauten eine künstliche Schwerkraft bilden, weil diese nicht jahrelang in der Schwerelosigkeit verbringen können. Anderenfalls würden ihre Muskeln verkümmern. Deshalb hat die *Endurance* ihre kreisförmige Form, wodurch sie sich drehen und somit die künstliche Schwerkraft bilden kann. Das komplette Design bildet 12 Gehäuse, wobei jedes seine eigene Funktion hat. Vier Gehäuse sind jeweils miteinander verknüpft und bilden somit vier Motoren, vier Aufenthaltsräume und vier Landeeinheiten.<sup>97</sup> „Aufgrund des Winkels der Bewegung von Einheit zur Einheit mussten wir es auf eine riesige hydraulische Wippe setzen, damit wir jedes Gehäuse nach oben und unten bewegen und auf einer Ebene filmen konnten.“<sup>98</sup> (Nathan Crowley, Produktionsdesigner) Dadurch entstand eine Perspektive durch und über die anderen Einheiten.

---

<sup>95</sup> Vgl. Blu-Ray, Interstellar, Specials, Durch die Dimensionen und die Zeit, TC: 00:01:50.

<sup>96</sup> Vgl. Blu-Ray, Interstellar, Specials, Die Endurance, TC: 00:00:45.

<sup>97</sup> Vgl. ebd., TC: 00:01:24.

<sup>98</sup> Siehe Blu-Ray, Interstellar, Specials, Die Endurance, TC: 00:01:50.

Das Design des *Shuttles* und des *Rangers* wurde zunächst als 3D-Modell mithilfe des Computers entworfen und ausgearbeitet. Dieses Verfahren spart nicht nur Zeit, sondern spart auch Materialkosten. Dabei wurde ebenfalls auf jedes einzelne Detail der kleineren Raumschiffe geachtet, sodass auch diese wirklichkeitsnah nachgebaut werden konnten. Einige Details konnten mithilfe von 3D Druckern entwickelt werden.

Das Innere des Raumschiffs, des Shuttles sowie des Rangers sollte zeigen, wie eine Raumfahrt heutzutage durchgeführt wird. Diese wurden genauso nachgebaut, wie in einem echten Raumschiff. Als Vorlage diente hierbei die *International Space Station (ISS)*. Dazu gehört nicht nur das Cockpit, sondern auch der Aufenthaltsraum und die Räume für die Privatsphäre der Astronauten mit allen Details wie Griffen, Monitoren, Tischen, Sitzen, etc. inbegriffen. Die ganze Ausstattung wie beispielsweise die Inneneinrichtung von Flugzeugen bekamen die Set Designer vom Schrottplatz und vermischten diese miteinander, wodurch eine realistische Innenraumkullise der Raumschiffe entstanden ist. Im Film wird das Raumschiff in einem Zeitraum von 20 Jahren gebaut, deshalb waren einige Gegenstände neu und die anderen etwas älter dargestellt. Auch das wurde beim Setbau beachtet. Der Shuttle war generell etwas älter gestaltet, denn laut der Filmhandlung befand es sich schon einige Male im Weltall.

Da in einem Raumschiff alles automatisiert ist, wie zum Beispiel das automatische Öffnen der Luftschleusen oder die Hydraulik der Sitze am Steuer, war es die Aufgabe der *Special Effects* die nötigen Mechanismen zu erschaffen. Vieles wurde programmiert und manche von diesen konnten über eine Fernsteuerung betätigt werden.

## 6.5. Verwendete *Visual Effects* in *Interstellar*

„Anstatt die visuellen Effekte hinterher zu gestalten, während der Postproduktion, nachdem der Film abgedreht ist, war es vom ersten Tag an Teil des gesamten Verfahrens.“<sup>99</sup> (Paul Franklin)

Bei der Produktion von *Interstellar* gab es eine bunte Mischung aus *Visual Effects* in der Postproduktion und *Special Effects*, die direkt beim Dreh eingesetzt wurden. Hier hat man sehr viel mit Pyrotechnik und vor allem auch

---

<sup>99</sup> Siehe Blu-Ray, Interstellar, Specials, Astronomische Orientierungshilfen, TC: 00:12:27.



mit *Physical Effects* gearbeitet. Phänomene wie der Sandsturm und Staub auf der Erde, ein Teil der Wellen auf dem Wasserplaneten sowie die Explosionen der Raumschiffe sind Dinge, die sowohl zum größten Teil am Set passiert sind als auch zum Teil von den *VFX-Artisten* in der Postproduktion kreiert wurden. „Etwas hinzukriegen, das echt aussieht und der Atmosphäre des Films entspricht, ist äußerst mühsam. Man muss das einfach in echt machen.“<sup>100</sup> (Christopher Nolan)

Auch die Weltraumumgebung wurde bereits beim Dreh eingesetzt. Somit wurden Bilder mit hoher Auflösung über mehrere Digitalprojektoren auf eine riesige Leinwand projiziert, wodurch eine wirklichkeitsnahe Aussicht aus den Fenstern des Raumschiffs entstand. Der Vorteil an einem Digitalprojektor ist, dass man diesem schnell viele Inhalte wiedergeben kann. „Die große Herausforderung war natürlich, dass die kreative Arbeit schon sehr früh beginnen musste. Wir mussten mehr oder weniger fertige Bilder herstellen, die für das Projektionsverfahren am Set benutzt werden konnten.“<sup>101</sup> (Paul Franklin) Da die Bilder hell genug waren, konnte das Set normal beleuchtet werden und auf diese Weise konnte die Umgebung aus dem Fenster des Raumschiffs sehr natürlich aussehen. Diese Art von Projektion wurde laut *Christopher Nolan* bisher noch nie angewendet.<sup>102</sup>

Was aber die Produktion so einzigartig macht, ist die Erstellung eines Weltraum Science-Fiction-Films komplett ohne *Green-* bzw. *Bluescreen*.<sup>103</sup> Vor allem in der heutigen Zeit, wo dieses Verfahren beinahe in jedem Film angewendet wird. „Oft ist es einfach, das alles nachher zu machen und die Schauspieler vor einem Greenscreen zu stellen.“<sup>104</sup> (Emma Thomas, Produzentin) Seine Inspiration für die technische Sicht fand *Christopher Nolan* in *Philip Kaufmans* Film *Der Stoff aus dem die Helden sind* (1983). Dieser sei technisch sehr vielseitig. Das hat ihn dazu inspiriert, viel mehr mit der Kamera zu drehen, um

---

<sup>100</sup> Siehe Blu-Ray, Interstellar, Specials, Der Nebel, TC: 00:01:58.

<sup>101</sup> Siehe Blu-Ray, Interstellar, Specials, Astronomische Orientierungshilfen, TC: 00:09:48.

<sup>102</sup> Vgl. ebd., TC: 00:09:59.

<sup>103</sup> Vgl. Cinema Blend, Christopher Nolan Shows How He Filmes Interstellar Without Using Green Screen, Ashley Kendal, 2015, <http://www.cinemablend.com/new/Christopher-Nolan-Shows-How-He-Filmed-Interstellar-Using-Green-Screen-68932.html> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>104</sup> Siehe Blu-Ray, Interstellar, Specials, Die Endurance, TC: 00:07:57.

reale Drehverhältnisse für die Schauspieler zu schaffen, anstatt diese vor einen Greenscreen zu stellen.<sup>105</sup>

### 6.5.1. Einsatz von *Modellbau*

Wie es am Anfang dieser Arbeit erläutert wurde, wurden *Miniaturbauten* bereits in früheren Filmproduktionen eingesetzt. Die besten Beispiele hierfür sind die Raumschiffe in den Filmen *Star Wars* oder *2001: A Space Odyssey*. In der Regel wird heute mehr auf *CGI* als auf *Miniaturbauten* zurückgegriffen. Doch jedes Verfahren findet aus einem anderen Grund Anwendung. Der Vorteil an *Miniaturbauten* ist deren direkter Einsatz am Set. In diesem Fall wird der Crew ein besseres Gefühl der Weltatmosphäre vermittelt. „Wenn Christopher Nolan die Wahl hätte, würde er im Weltall, mit echten Raumschiffen drehen. Aber die Nächstbeste, sind die Miniaturen.“<sup>106</sup> (Ian Hunter, Kameramann) Indem die Crew ein Modell benutze, hatte sie ein Ergebnis zum Anfassen. Dies wirkte wirklichkeitsgetreu und auf diese Weise sehr realistisch im Film. Doch die *Miniaturbauten* waren teilweise so groß, dass man diese gar nicht als Miniaturen bezeichnen würde. So sieht man beispielsweise beim Andocken des Rangers an der *Endurance* das 15 Meter-Modell in voller Größe. Es war auf einer bewegungsgesteuerten Plattform montiert, das in Echtzeit mit einem Lenkrad, das als *Waldo* bezeichnet wird, bedient werden konnte.<sup>107</sup> Somit wurde ein echtes Gespür für die physische Realität des Raumschiffes hergestellt. Auch die *Endurance* wurde als Miniatur gebaut. In der Geschichte ist diese ein sehr großes Raumfahrzeug, das ca. 40 Meter breit ist. Das Modell wurde mit einem Verhältnis von 1:15 gebaut. (Abb.4) Es ist demnach vier bis fünf Meter breit, was für ein *Miniaturmodell* eine enorme Größe darstellt. Der Vorteil dieser Größe spiegelte sich vor allem in den Details der *Endurance* wieder. Dadurch konnte mit der Kamera ganz nah gedreht werden, ohne dass der Zuschauer im Film merkt, dass es sich hierbei um ein Modell handelt. Zudem wurde auch eine 1:5 Version der *Endurance* gebaut, allerdings nicht in ihrer ganzen Größe, sondern nur ein Teil davon. (Abb.5) Diese war ungefähr 12

---

<sup>105</sup> Vgl. Blu-Ray, Interstellar, Specials, Interstellar: Eine Reise, TC: 00:05:40.

<sup>106</sup> Siehe Blu-Ray, Interstellar, Specials, Miniaturen im Weltall, TC: 00:01:28.

<sup>107</sup> Vgl. ebd., TC: 00:01:00.

Meter breit. Sie diene als pyrotechnisches Modell, welches das Raumfahrzeug von *Dr. Mann* beim Andocken beschädigt hat. Das Modell sollte deshalb so groß sein, damit es überzeugend aussieht, wenn es in Stücke zerbricht. Denn dabei soll auch die Physik stimmen. Je kleiner das Modell ist, desto schwerer ist es, eine überzeugende Explosion darzustellen. „Das tolle daran, mit Miniaturen zu drehen, ist dass der Zufall eine große Rolle dabei spielt, wie man bestimmte Dinge mit der Kamera einfängt, die man als Animation gar nicht erstellen könnte.“<sup>108</sup>

### 6.5.2. Einsatz *Motion Control*

Um die *Miniaturbauten* zu filmen, wurde beim Dreh die sogenannte *Motion-Control-Fotografie* benutzt. Bei diesem Verfahren ist die Kamera an einem großen, computergesteuerten Kran montiert, wodurch die Bewegungen genau gesteuert werden können. Diese zeichnet bildgenau sämtliche Bewegungen und auch andere Parameter, wie zum Beispiel Blende und Belichtungszeit auf. Dadurch werden mehrere Durchgänge, die sogenannten *Passes*, ermöglicht.<sup>109</sup> Der Vorteil dabei ist, dass die Belichtungszeit individuell angepasst werden kann. Zunächst wird die Außenansicht eines Modells möglichst vorteilhaft aufgezeichnet und anschließend kommen weitere Durchgänge für die Reflexion, die Lichter des Modells, das Gegenlicht, die Aufhellung und vielen weiteren Faktoren hinzu. Da sich die Kamera während der Belichtung weiterhin fortbewegen kann, erfolgt dies mit der Bewegungsunschärfe. Während man früher all diese Durchgänge auf einen einzigen Filmstreifen aufgenommen hat, werden heute die *Passes* separat vorbereitet. Solche Modellaufnahmen werden unter anderem auch im Film *Blade Runner* (1982) von *Ridley Scott* gut sichtbar, wenn die komplexen Bewegungen der fliegenden Autos zu sehen sind oder die kleinen animierten Scheinwerfer, die durch den Smog leuchten.<sup>110</sup>

Bei diesem Verfahren wurde in *Interstellar* ein großer Wert auf eine realistische Beleuchtung des Modells gelegt. Obwohl nur eine Lichtquelle vorhanden war, die die Sonne oder das Glühen eines Schwarzen Lochs aus der Ferne

---

<sup>108</sup> Siehe Blu-Ray, *Interstellar*, Specials, Miniaturen im Weltall, TC: 00:04:38.

<sup>109</sup> Vgl. Visual Effects-Filmbilder aus dem Computer, Barbara Flückiger, Schüren Verlag 2008, S.24.

<sup>110</sup> Vgl. ebd., S.241.

darstellen sollte, nahm die Belichtung sehr viel Zeit in Anspruch. Somit waren die Lichtbedingungen an den Miniaturen sehr wirklichkeitsnah. Dadurch, dass mit wenig Licht gearbeitet wurde, musste die Klappe der Kamera für längere Zeit offengehalten werden. So wurde anstatt mit 24 Bildern pro Sekunde nur mit drei bis vier Bildern pro Sekunde gedreht.<sup>111</sup> Durch die langsamen Fahrten der Kamera zählten vier Aufnahmen pro Tag als eine sehr schnelle Arbeit.<sup>112</sup> Bei der Explosion der größeren Miniatur der *Endurance* wurde wiederum mit 74 Bildern pro Sekunde gedreht, damit eine möglichst genaue Erfassung der Explosionen der Trümmer, des Feuers etc. ermöglicht werden konnte.<sup>113</sup> Diese werden genau gezeigt, im Vergleich zum Material in der normalen Bildrate, also mit 24 Bildern pro Sekunde.

### 6.5.3. Einsatz CGI

Neben den *Miniaturbauten* wurden auch Raumschiffe als *Computer Generated Imagery* erstellt und eingesetzt. Besonders für Fernblicke war das CGI Raumschiff eine optimale Alternative. Aber auch für Darstellungen von Raumschiffen aus der Nähe, die mit den *Miniaturmodellen* nicht möglich waren, erwies sich der Einsatz von CGI als sehr gewinnbringend. Eine Mischung aus Modellaufnahmen und CGI verleiht dem Filmerlebnis seine einzigartige Note. „In dem man die Techniken vermischt, sieht man sich dem Riesen der Filmgeschichte gegenüber. Man sieht die Techniken von damals, und versucht diese auf andere Weise zu nutzen und etwas hinzufügen. Auf diese Weise erhält man etwas, das die Leute vorher noch nicht gesehen haben.“<sup>114</sup> (Christopher Nolan)

Die Verwandlung der mathematischen Gleichungen von *Kip Thorne* in spektakuläre Bilder, wie das Schwarze Loch *Gargantua*, das Wurmloch und viele weitere Phänomene im Weltall, erfolgte auch durch das Verfahren des CGI. Dadurch, dass mit Algorithmen gearbeitet wurde, konnten die Daten der CGI Objekte wie die Größe, Breite, ihre Eigenschaften etc. in die Gleichungen

---

<sup>111</sup> Vgl. Blu-Ray, Interstellar, Specials, Miniaturen im Weltall, TC: 00:03:30.

<sup>112</sup> Vgl. ebd., TC: 00:03:34.

<sup>113</sup> Vgl. ebd., TC: 00:04:32.

<sup>114</sup> Siehe ebd., TC: 00:05:00.

eingetragen werden und der Computer errechnete und renderte diese anschließend. Dabei eröffnete sich eine neue Möglichkeit des Renderns, bekannt als *Worm Renderer*, die Kalkulation des gekrümmten Raums um das Schwarze Loch.<sup>115</sup> Mit seinen Gleichungen hat Kip Thorne eine enorme Vorarbeit geleistet, sodass beim Erstellen der CGI Objekte viel Zeit eingespart werden konnte. „[...] the science alone gave us a compelling vision of this primal force of the universe.“<sup>116</sup> (Paul Franklin) Allerdings beanspruchte das Rendern trotzdem sehr viel Zeit.

Auf dem Wasserplaneten merkt die Crew, dass dieser von Zeit zu Zeit von hohen Wellen überzogen wird, wodurch ein Leben für die Menschen auf diesem Planeten unmöglich ist. Nach *Christopher Nolan's* Vorstellung sollten die Wellen mindestens 1000 Meter hoch sein.<sup>117</sup> Dabei war es für den VFX-Supervisor *Paul Franklin* wichtig, die Verhältnisse der Umgebung der Welle zu analysieren, damit diese realistisch dargestellt werden können. (Abb.6) So traten Fragen auf wie zum Beispiel, ob eine solch riesige Welle die Wolken verdrängen würde oder wie die Beleuchtung dieser Welle aussehen soll. Es ist eine sehr detaillierte Simulation von Wasser, bei der noch beachtet werden sollte, wie die Wellen das Raumschiff wegschwemmen, ohne dass es sehr künstlich aussieht. Die Umsetzung dieser hohen Wellen war für *Paul Franklin* eine besonders große Herausforderung. „Wie würde man erkennen, dass die Welle 1.000 m hoch ist?“<sup>118</sup> (Paul Franklin) Dazu musste das Ganze noch in die Realaufnahmen vom Drehort integriert werden, sodass man die Grenze zwischen Realität und Animation nicht sieht.

Die beiden Roboter *TARS* und *CASE* sind eine Mischung aus Realmodellen und CGI. *Christopher Nolan* wollte die Roboter am Set einsetzen und einfache Bewegungen, wie zum Beispiel das Laufen real ausführen. So gab der Schauspieler *Bill Irwin* *TARS* und *CASE* nicht nur eine Persönlichkeit, sondern steuerte diese auch manuell am Drehort. „[...] over 80% of the final shots of the robots were achieved in camera with minimal digital work required to remove

---

<sup>115</sup> Vgl. Maac, VFX Breakdown of Interstellar, Amit Balani, 18.03.2015, <http://www.maacindia.com/blog/index.php/vfx-breakdown-of-interstellar/> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>116</sup> Siehe Art of VFX, Interstellar: Paul Franklin - VFX Supervisor - Double Negative, Vincent Frei, 22.01.2015, <http://www.artofvfx.com/interstellar-paul-franklin-vfx-supervisor-double-negative/> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>117</sup> Vgl. Blu-Ray, Interstellar, Specials, Der Dreh auf Island: Millers Planet/Manns Planet, TC: 00:04:42.

<sup>118</sup> Siehe ebd., TC: 00:05:13.

the performers from the shot. The remaining 20% were digital [...].“<sup>119</sup> (Paul Franklin) Durch einfache *Visual Effects*, wie das oben erwähnte *Rotoscoping* oder die *Einzelbildretusche*, konnte der Schauspieler in der Postproduktion leicht wegetuscht werden. Für komplexere Bewegungen der Roboter, die man nicht durch jemanden steuern konnte, erstellte man eine *CGI* Version. Dazu gehören beispielsweise Sequenzen, als *CASE* sich auf dem Wasserplaneten in ein Wasserrad verwandelt, um *Amelia* zu retten, oder der freie Fall von *TARS* und *Cooper* in das schwarze Loch.

Auch das *Tesseract* wurde zunächst als *Computeranimation* entworfen, um eine genaue Vorstellung davon zu haben bevor das Set gebaut wurde. Dabei wurde durch die *VFX-Abteilung* auf viele verschiedene Arten untersucht, wie die Zeit als eine vierte Dimension dargestellt werden könnte. Der Raum dehnte sich schließlich auf X-, Y-, und Z-Achsen. „The Tesseract was perhaps the most complicated digital environment to construct [...].“ (Paul Franklin) Jedes der Objekte im Raum wurde in höchster Auflösung aufgenommen und am Computer gerendert, wodurch die *VFX-Abteilung* unter anderem die Zeitstränge erstellen konnte. Die Interaktion der Schauspieler mit den Strängen wurde durch *Matchmoving* ermöglicht. Nach diesem Modell wurde auch das Set mit langgezogenen Objekten gebaut. Dieses konnte wiederum mit dem animierten Modell zusammengefügt und in die Unendlichkeit, die man im Film sieht, gestreckt werden.

#### 6.5.4. Einsatz von *Matte Painting*

Beim Dreh in Island bildete der Gletscher die Basis für den Eisplaneten, wo die Crew auf *Dr. Mann* stößt. Obwohl der Drehort an sich eine hervorragende Kulisse für die Szene wäre, mussten einige Teile dieser Landschaft in der Postproduktion mit einer Kombination aus *CG* und des Verfahrens des *Matte Painting* ergänzt oder verdeckt werden. „We made digital matte paintings - built largely from photography reference of the glaciers themselves - and used them

---

<sup>119</sup> Siehe Art of VFX, Interstellar: Paul Franklin - VFX Supervisor - Double Negative, Vincent Frei, 22.01.2015, <http://www.artofvfx.com/interstellar-paul-franklin-vfx-supervisor-double-negative/> (letzter Besuch: 06.06.2016).

to replace the background mountains and anything else that wasn't made of ice or snow.“<sup>120</sup> (Paul Franklin)

Bereits früher wurde das Verfahren des *Matte Paintings* von den Effekt-Spezialisten dazu genutzt, um Hintergründe zu erzeugen, die real nicht gedreht werden konnten. Diese wurden damals hinter Glas gemalt, damit die Realaufnahmen entweder auf die entsprechenden Stellen auf dem Gemälde projiziert werden können oder man kopierte diese mit Hilfe eines optischen Printers in der Postproduktion ein.

Heutzutage wird nicht mehr auf Glas gemalt, sondern auf sogenannten *Grafiktablets*, wodurch die Hintergründe vollständig digital sind. Der Computer bietet dabei sehr viele Vorteile. Man kann beispielsweise Arbeitstechniken, wie *digitale Malerei*, *digitale Bildretusche* oder *Bildbearbeitung* miteinander vereinen. Dabei wird mit einer virtuellen Farbpalette, Pinseln, Airbrush, etc. gearbeitet und es können reale Fotografien hinein retuschiert werden, um eine perfekte Illusion zu erzeugen.<sup>121</sup>

Mithilfe von *Matte Paintings* kann ein hohes Maß an Realismus erreicht werden und es ist teilweise ein einfacher Vorgang als die Erstellung eines *3D Modells*. Deshalb war es eine sehr geeignete Technik für die Illusion des Eisplaneten in *Interstellar*.

Allerdings eignen sich *Matte Paintings*, aufgrund derer Natur als gezeichnetes Bild nur für statische Objekte. Dinge, die sich bewegen, müssen eine Änderung der Perspektive zeigen, was mit einem flachen Bild nicht erreicht werden kann. Daher greift man bei bewegten Objekten auf die *3D Animation* zurück.

Wenn *Matte Paintings* präzise eingesetzt werden, können viele Kosten und viel Zeit gespart werden. Zu den typischen Einsatzgebieten dieser Technik zählen beispielsweise Kreationen neuer Welten, die nicht real existieren, Veränderungen existierender Landschaften zum Beispiel durch Einfügen von Bergen, Flüssen, Vegetationen etc., Veränderungen an Gebäuden wie die Erweiterung bzw. Reduzierung der Stockwerke oder auch Erweiterungen realer Sets, wie es in *Interstellar* der Fall ist.

---

<sup>120</sup> Siehe Art of VFX, *Interstellar*: Paul Franklin - VFX Supervisor - Double Negative, Vincent Frei, 22.01.2015, <http://www.artofvfx.com/interstellar-paul-franklin-vfx-supervisor-double-negative/> (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>121</sup> Vgl. VFX, Sacha Bertram, UVK, 2005, S. 97.

Die *Cooper Station*, die nach Cooper's Tochter benannt wurde und auf der er am Ende des Films aufwacht, ist eine digitale Produktion, die ebenfalls mithilfe von *Matte Paintings* umgesetzt wurde. „Cooper Station was a digital creation, utilising matte paintings created from serial IMAX planes of the Alberta farmlands which were put onto a cylinder.<sup>122</sup> Die computeranimierte Welt um die *Cooper Station* wurde durch *Rotoscoping* eingefügt.

---

<sup>122</sup> Siehe Art of VFX, Interstellar: Paul Franklin - VFX Supervisor - Double Negative, Vincent Frei, 22.01.2015, <http://www.artofvfx.com/interstellar-paul-franklin-vfx-supervisor-double-negative/> (letzter Besuch: 06.06.2016).



## 7. Einfluss der *Visual Effects* auf die Filmbranche

Im ersten Teil dieser Arbeit wurde erläutert, dass es kaum große Filmproduktionen gibt, in denen keine *Visual Effects* zum Einsatz kommen. Diese sind mittlerweile ein fester Bestandteil der Filmproduktionen, genauso wie die Filmmusik. Dies gilt zumindest in Hollywood, denn wie bereits erwähnt, werden dort von Anfang an mindestens 20 Prozent des Budgets für die *Visual Effects* einkalkuliert. Die in 5.1. erwähnten *Gründe für den Einsatz von VFX in Spielfilmen* beschreiben die Möglichkeiten, mit denen die Handlung eines Films bestmöglich dargestellt und kostengünstig umgesetzt werden kann. Deshalb gibt es auch bei einem Nicht-Science-Fiction-Film kaum einen Grund, auf *Visual Effects* zu verzichten.

Wie auch in jeder anderen Branche setzen auch in der Filmbranche neue Entdeckungen immer wieder neue Maßstäbe. Das gilt besonders für den Bereich der *Visual Effects*. So gilt heutzutage der *Stopptrick* als selbstverständlich und kaum ein Zuschauer wird heute nur allein davon beeindruckt, denn diesen können mittlerweile viele mit gängigen Handygeräten selber nachmachen. Wenn man beispielsweise den Film *King Kong und die weiße Frau* von Merian C. Cooper und Ernest B. Schoedsack aus dem Jahr 1933 mit dem *King Kong* von Peter Jackson aus dem Jahr 2005 vergleicht, wird deutlich, wie sich die Effekte im Laufe der Jahre weiterentwickelt haben. Diese beeinflussen auch die Zuschauer. Mit dem alten *King Kong* würde man heute kaum noch jemanden beeindrucken können. Doch damals wurde die Qualität der Effekte als neuartig empfunden. Doch selbst wenn man *King Kong* heute noch einmal verfilmen würde und anschließend mit dem *King Kong* aus dem Jahr 2005 vergleichen würde, gäbe es wieder einen Unterschied, was die Qualität der Effekte betrifft. Dieser wäre womöglich nicht groß, jedoch ersichtlich. Obwohl nur 11 Jahre dazwischen liegen würden, ist die Qualität heute dennoch besser. Den *King Kong* selbst würde man von einem echten Gorilla nicht mehr unterscheiden können. Genauso wie man den oben erwähnten CGI Bären aus *The Revenant* (2015) von einem echten Bären nicht unterscheiden kann. Auch der Vergleich von alten *Star Wars* Filmen mit dem siebten Teil aus dem Jahr 2015, zeigt auf, dass die *Visual Effects* heute auf einem viel höheren Niveau sind. Dementsprechend haben auch die Zuschauer

höhere Ansprüche. Deshalb tendieren auch Produktionen außerhalb von Hollywood in Zukunft stets ausreichendes Budget für *Visual Effects* einzukalkulieren, damit auch ihre Filmhandlung mithilfe von VFX unterstützt wird und die Zuschauer zum Staunen gebracht werden.

Doch die neuesten Techniken und Verfahren am Computer sind nicht die einzige Möglichkeit, atemberaubende Effekte zu erzielen und den Film somit einzigartig zu machen. Man kann auch ältere Effekte, wie zum Beispiel *Modellbau*, immer wieder zum Einsatz bringen und auf Standardverfahren wie *Greenscreen* verzichten und trotzdem einen Film produzieren, bei dem die Effekte die Zuschauer in ihren Bann ziehen. Man muss nur die Intention und den Nutzen jeder Art von Effekt wissen. Ein aktuelles Beispiel ist *Interstellar*. *Christopher Nolan* versuchte anhand von echten Kulissen so viel Realität an das Set zu bringen, wie es nur möglich war. Zum einen war es für die Crew sehr hilfreich, die Phänomene in Wirklichkeit zu sehen, damit sie sich diese besser vorstellen können und zum anderen war es die beste Voraussetzung für die Schauspieler, sich mit ihrer Rolle und ihrer Umgebung zu identifizieren anstatt sich das Ganze vor einem *Greenscreen* vorstellen zu müssen. Und das sieht im Endeffekt auch der Zuschauer. „Ich glaube [...] dass der Einsatz von zusätzlichen echten Materialien den Zuschauer emotional mehr in das Geschehen zieht. Wenn alles vor einem Greenscreen gedreht wurde, ist das Ergebnis meistens visuell extrem beeindruckend, aber der Zuschauer spürt, dass beispielsweise niemand wirklich gerade in Not gerät.“<sup>123</sup> (Paul Franklin) Es lässt sich also sagen, dass die Verwendung von VFX in Filmen wie *Interstellar* gewisse Grenzen einhalten soll. Dabei kann die Mischung aus Realaufnahmen und *Visual Effects* zu einem besseren Ergebnis führen, als beispielsweise alles vor einer grünen Leinwand zu drehen und in der Postproduktion durch VFX den gewünschten Hintergrund zu erzeugen. Der Regisseur *Quentin Tarantino* vermeidet beispielsweise die Verwendung von CGI so gut es nur geht.<sup>124</sup> So ist jeder Mensch, jeder Autocrash und jede Wolke in seinen Filmen echt.<sup>125</sup>

---

<sup>123</sup> Siehe Digital Production, Zeit sichtbar machen, September 2015, 6. Ausgabe, S. 68.

<sup>124</sup> Vgl. Die Welt, Geschichte der Hollywood-Bilder aus dem Computer, Mike Spyridis, 14.10.2014, [www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article133262129/Geschichte-der-Hollywood-Bilder-aus-dem-Computer.html](http://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article133262129/Geschichte-der-Hollywood-Bilder-aus-dem-Computer.html) (letzter Besuch: 06.06.2016).

<sup>125</sup> Vgl. ebd.

*Interstellar* beeinflusst die Filmbranche auch mit der bereits erwähnten Zusammenführung von *Visual Effects* und der Wissenschaft. Es ist der erste Film und wahrscheinlich auch der Vorreiter für viele weitere Filme, der wissenschaftliche Fakten visualisiert und zwar so, dass dabei keine physikalischen Gesetze verletzt werden. „In der Vergangenheit nahm, vorsichtig ausgedrückt, manchmal der künstliche Aspekt überhand. So konnte man zuweilen einen Film nicht richtig genießen, weil die VFX physikalisch gesehen nicht nur zu einfach gehalten, sondern auch schlicht nicht korrekt waren. Bei ‚Interstellar‘ hingegen wird man von der Qualität der Effekte in den Bann gezogen.“<sup>126</sup> Der Zuschauer erwartet also Effekte die ihm die Realität im Film vermittelt, ohne dass dieser die Filmrealität hinterfragt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die *Visual Effects* einen enormen Einfluss auf die heutige Filmbranche haben. Denn mit ihren neuen Maßstäben entfalten diese Möglichkeiten, die die Produktion eines Films leichter, kostengünstiger und faszinierender machen. Somit haben sich die Zuschauer an die künstlichen Bilder mittlerweile gewöhnt und werden diesbezüglich dessen immer kritischer. Aus diesem Grund lassen sie sich nicht allein von spektakulären Effekten in die Kinos locken. Doch ein kompletter Verzicht auf die *Visual Effects* in einer modernen Filmproduktion wäre zwar möglich, aber nicht immer von Vorteil.

Trotz des enormen Einflusses der *VFX* auf die Filmbranche gilt es immer noch, dass eine interessante Filmhandlung die wesentliche Rolle spielt. Ein Film mit einer weniger guten Story, aber mit atemberaubenden Effekten, funktioniert trotzdem nicht so gut im Vergleich zu einem Film mit einer spannenden Story, aber ohne Effekte<sup>127</sup>. Doch der Wert einer Filmhandlung kann mit sinnvoll eingesetzten Effekten steigern.

---

<sup>126</sup> Siehe Digital Production, Zeit sichtbar machen, September 2015, 6. Ausgabe, S. 74.

<sup>127</sup> Vgl. Die Welt, Geschichte der Hollywood-Bilder aus dem Computer, Mike Spyridis, 14.10.2014, [www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article133262129/Geschichte-der-Hollywood-Bilder-aus-dem-Computer.html](http://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article133262129/Geschichte-der-Hollywood-Bilder-aus-dem-Computer.html) (letzter Besuch: 06.06.2016).

## 8. Schlussgedanke

Es ist bemerkenswert, inwieweit die Entwicklung der *Visual Effects* in den letzten Jahren vorangekommen ist und welche Bedeutung deren Einsatz in Filmproduktionen heutzutage hat. Die Möglichkeiten, eine Idee mithilfe von Computern umzusetzen und Bilder zu erzeugen, die von der Realität kaum zu unterscheiden sind, sind die beste Voraussetzung für die modernen Filmschaffenden.

Ich habe mir sehr oft die Frage gestellt, wie lange es dauert, bis man einen *CGI* Schauspieler von einem echten Menschen nicht mehr unterscheiden kann. Doch im Laufe dieser Arbeit ist mir bewusst geworden, dass die Technik unabhängig wie fortgeschritten diese auch sein mag, immer auf den Menschen und somit auch auf echte Schauspieler angewiesen sein wird. Denn auch für *CGI* Kreaturen wie *King Kong*, *Gollum*, und den Affen *Ceaser* benötigt man echte Schauspieler. Die Bewegungen, die Gesten, Emotionen und vor allem die Stimmen kommen von den Schauspielern und können ohne ihre Hilfe nicht umgesetzt werden. Ein Beispiel für die Kreation von *CGI* Menschen mit dem Einsatz von realen Schauspielern ist der Film *Ex\_Machina* (2015) von *Alex Garland*, in dem *Alicia Vikander* die künstliche Intelligenz *Ava* spielt. Die Kombination aus der Leistung der Schauspielerin und den *Visual Effects* verleiht der Story ihre Besonderheit.

---

**Literaturverzeichnis**

*Flückiger Barbara*, Visual Effects-Filmbilder aus dem Computer, Schüren Verlag, 2008.

*Giesen Rolf*, Lexikon der Special Effects-Von den ersten Filmtricks bis zu den Computeranimationen der Gegenwart, Lexikon Imprint Verlag, 2001.

*Okun Jeffrey A., Zwerman Susan*, The VES Handbook of Visual Effects, Focal Press, 2010.

*Brinkmann Ron*, The Art and Science of Digital Compositing, Verlag Morgan Kaufmann, 2. Ausgabe 2008.

*Bertram Sacha*, VFX, UVK 2005.

*Rickitt Richard*, Special Effects - The History and Technique, Aurum Press Ltd., 2006.

*Digital Production*, Zeit sichtbar machen, September 2015, 6. Ausgabe.

*Kai Heinrich*, Nutzung von Visual Effects in US-Filmen in den Jahren 2010 und 2011 verdeutlicht anhand des Beispiels Black Swan, Bachelorarbeit, 01.08.2012.

## Quellenverzeichnis

### Internetquellen

[www.aspektheits.com/greenscreen-filmproduktion-funktioniert-greenscreen/](http://www.aspektheits.com/greenscreen-filmproduktion-funktioniert-greenscreen/)

[www.bluray-disc.de/lexikon/rotoskopie](http://www.bluray-disc.de/lexikon/rotoskopie)

<http://www.bluray-disc.de/lexikon/stereoskopie>

<http://blog.digitaltutors.com/understanding-importance-matchmoving-integrating-cg-elements-live-action-footage/>

<http://www.cinehits.de/film/8757>

[http://www.slate.com/articles/health\\_and\\_science/space\\_20/2014/11/interstellar\\_science\\_review\\_the\\_movie\\_s\\_black\\_holes\\_wormholes\\_relativity.single.html](http://www.slate.com/articles/health_and_science/space_20/2014/11/interstellar_science_review_the_movie_s_black_holes_wormholes_relativity.single.html)

[http://www.slate.com/blogs/bad\\_astronomy/2014/11/09/interstellar\\_followup\\_movie\\_science\\_mistake\\_was\\_mine.html](http://www.slate.com/blogs/bad_astronomy/2014/11/09/interstellar_followup_movie_science_mistake_was_mine.html)

<http://www.cinemablend.com/new/Christopher-Nolan-Shows-How-He-Filmed-Interstellar-Using-Green-Screen-68932.html>

[http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks\\_von\\_metropolis\\_bis\\_matrix/index.html](http://www.planet-wissen.de/kultur/medien/filmtricks_von_metropolis_bis_matrix/index.html)

<http://www.youtube.com/watch?v=LzZwiLUVaKg>

<https://www.youtube.com/watch?v=BAz-P-Ra790>

<http://www.ilm.com/vfx/forrest-gump/>

<https://fstoppers.com/video/wolf-wall-street-vfx-breakdown-8305>

<http://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=suchen&tag=suchen&uid=1>

<http://www.space.com/28090-interstellar-movie-special-effects-paul-franklin.html>

<http://www.theguardian.com/film/filmblog/2014/nov/05/interstellar-astrophysics-does-space-science-work-out>

<http://www.zeit.de/wissen/2014-11/interstellar-physik>

<http://www.maacindia.com/blog/index.php/vfx-breakdown-of-interstellar/>

<http://www.artofvfx.com/interstellar-paul-franklin-vfx-supervisor-double-negative/>

[www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article133262129/Geschichte-der-Hollywood-Bilder-aus-dem-Computer.html](http://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article133262129/Geschichte-der-Hollywood-Bilder-aus-dem-Computer.html)

## **Mediale Quellen**

Blu-Ray-Disc, Interstellar, Warner Bros. Entertainment Inc. and Paramount Pictures Corporation.

## **Bildquellen**

<http://www.thisiscolossal.com/wp-content/uploads/2015/06/interstellar-2.jpg>

[http://www.artofvfx.com/INTERSTELLAR/INTERSTELLAR\\_NDS\\_ITW\\_05.jpg](http://www.artofvfx.com/INTERSTELLAR/INTERSTELLAR_NDS_ITW_05.jpg)

[http://www.artofvfx.com/INTERSTELLAR/INTERSTELLAR\\_NDS\\_ITW\\_07.jpg](http://www.artofvfx.com/INTERSTELLAR/INTERSTELLAR_NDS_ITW_07.jpg)

[http://artofvfx.com/wp-content/uploads/2014/11/Interstellar\\_Dneg\\_featurette.jpg](http://artofvfx.com/wp-content/uploads/2014/11/Interstellar_Dneg_featurette.jpg)

<https://www.wired.com/wp-content/uploads/2014/10/wormhole.jpg>

## Anlagen

### Bilder

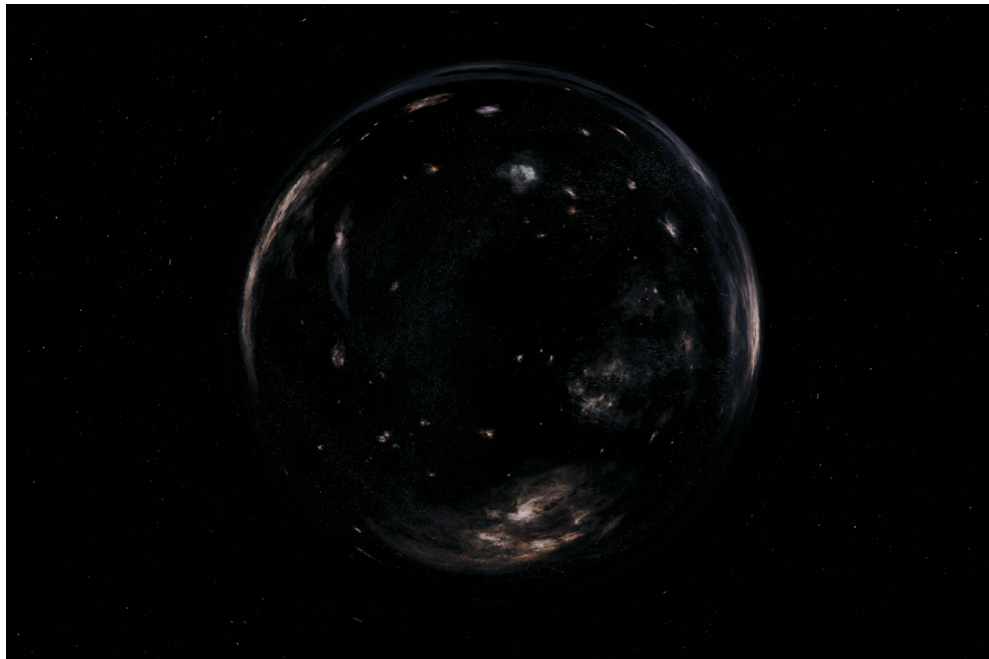


Abb. 1

Wurmloch

Quelle: wired

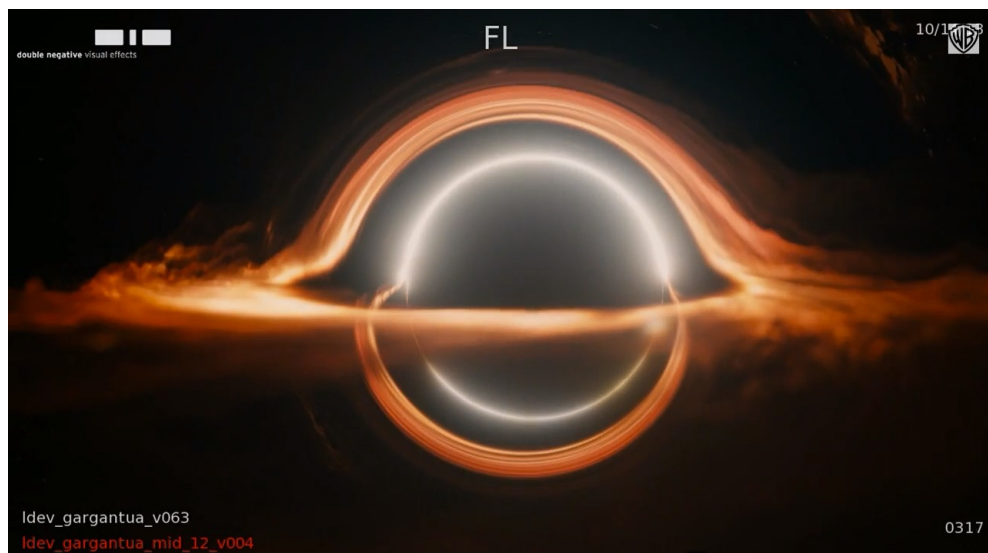


Abb. 2

Gargantua

Quelle: artofvfx



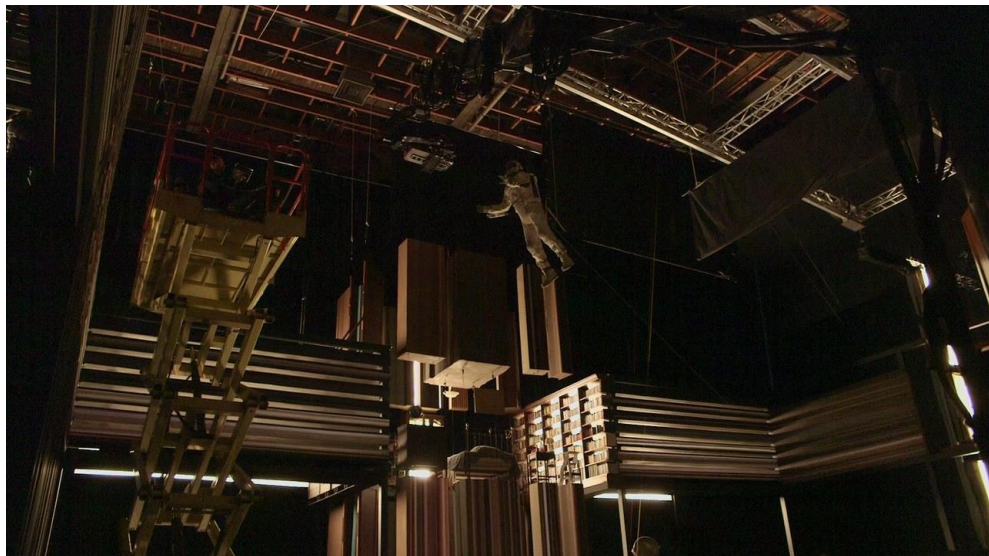


Abb. 3

Tesseract

Quelle: thisiscolossal



Abb. 4

1:15 Endurance-Miniatur

Quelle: artofvfx



Abb. 5

1:5 Endurance-Miniatur

Quelle: artofvfx

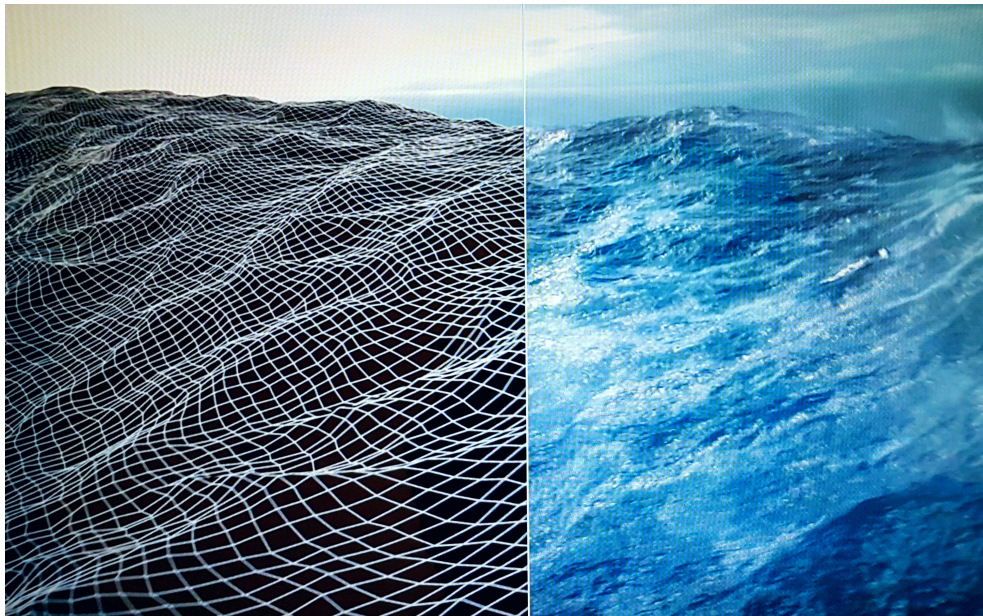


Abb. 6

CGI Welle

Quelle: Blu-Ray-Disc

---

**Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

---

*Ort, Datum Vorname Nachname*